IREQ

TABLE DES MATIÈRES

2	Message du vice-président exécutif, Technologie, Affaires internationales et IREQ
4	Recherche et technologie – Grandes lignes de la nouvelle organisation
5	Liste des sigles
6	Faits saillants de 1986
8	Production
16	Transport
28	Distribution
34	Applications industrielles de l'électricité
38	Techniques d'essais, appareils de mesure et acquisition de données
42	Nouvelles installations
46	Activités commerciales
48	Activités internationales
51	Collaboration avec les universités
54	Prix et distinctions

Couverture :
Photographie, en cours de traitement par l'analyseur d'images, du glissement planaire de l'acier IRECA mis au point

MESSAGE DU VICE-PRÉSIDENT EXÉCUTIF GROUPE TECHNOLOGIE, AFFAIRES INTERNATIONALES ET INSTITUT DE RECHERCHE D'HYDRO-QUÉBEC

Les efforts de recherche et de développement consentis en 1986 par le groupe Technologie, Affaires internationales et IREQ (TAI) ont contribué à maintenir Hydro-Québec aux premiers rangs parmi les entreprises de services publics d'électricité de haute technologie.

Qu'il s'agisse d'études ou de recherches, les résultats obtenus mettent en valeur le savoir-faire de notre personnel scientifique et celui des ingénieurs responsables de l'équipement, de l'exploitation et de la mise en marché. Ces derniers ont collaboré avec nous de façon soutenue tout au long de l'année.

Les travaux ont porté sur des domaines aussi variés que les réseaux à courant continu et les interconnexions, la mise au point de matériels et de dispositifs de mesure ou de commande pour le réseau à 735 kV, l'électrochimie et la thermofusion nucléaire, ou encore les sciences des matériaux et les électrotechnologies industrielles.

Au cours de l'année, le groupe TAI a modifié l'organisation de ses activités de recherche et de développement. Ces changements avaient comme principal objectif de favoriser l'innovation et la concertation en matière de développement technologique au sein de toute l'entreprise. Le groupe TAI joue maintenant un rôle de catalyseur et sert de table ronde pour toutes les unités administratives d'Hydro-Québec.

L'ensemble des activités scientifiques et techniques qui, jusqu'à la fin de 1986, étaient regroupées sous la responsabilité du vice-président Recherche et directeur de l'IREQ, ont été réparties différemment *(voir page 4).*

La vice-présidence Recherche (IREQ) *mène des travaux pour l'entreprise ainsi que pour les clients externes. La vice-présidence* Laboratoires de recherche et d'essais et Simulation de réseaux (IREQ) *est responsable, quant à elle, des activités d'études et de simulation de réseaux ainsi que des essais et des consultations dans les domaines de la haute tension et de la grande puissance. À ces deux unités, s'est jointe la vice-présidence* Innovation technologique *qui s'occupe du développement, de la démonstration, de la mise au point et de la commercialisation de produits et de procédés technologiques.*

Le Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTEE), situé à Shawinigan, relève de cette vice-présidence. Enfin, la direction Planification de la technologie *permettra de mieux préciser les orientations des activités de recherche et de développement et de rapprocher celles-ci des besoins de l'entreprise.*

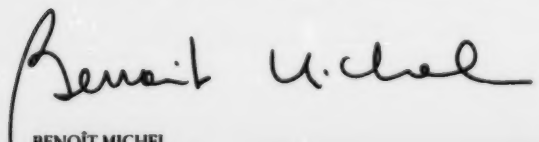
La nouvelle structure crée des unités différentes et complémentaires, ayant un style de gestion propre à leur mission respective. Elle vise à encourager l'échange d'expertise et de services aussi bien à l'intérieur du groupe que dans l'ensemble de l'entreprise et avec les partenaires externes. Cette structure a aussi pour but de favoriser la participation des employés dans un cadre plus souple qui fait ressortir la diversité et la complémentarité des rôles. Le personnel de recherche se trouve ainsi plus proche des centres de décision. Enfin, cette structure assure une meilleure définition des priorités ainsi qu'une meilleure répartition des ressources financières.

Je suis certain que, face à ces nouveaux défis, les hommes et les femmes du groupe TAI feront preuve de la même capacité d'innover et du même esprit inventif qui les ont caractérisés jusqu'à maintenant. Je les remercie de leurs efforts.

Je profite également de l'occasion pour rendre hommage aux membres du Comité de gestion de l'IREQ pour 1986 et les remercier du travail qu'ils ont accompli au cours de l'année. Le Comité était composé de M. Toby Gilsig, vice-président Recherche et directeur de l'IREQ ; des directeurs, MM. Gilles A. Baril, Raymond Pronovost, Farouk A.M. Rizk et Antoine Théorêt ; et des chefs de service, MM. Jacques Godin (intérimaire), Jacques Hamelin et Gérard Juneau (intérimaire).

La technologie devient un élément de plus en plus stratégique dans la vie d'Hydro-Québec. C'est un défi important, stimulant, exigeant. Tous ensemble, nous allons le relever.

Le vice-président exécutif, Technologie, Affaires internationales et IREQ.



BENOÎT MICHEL

RECHERCHE ET TECHNOLOGIE
GRANDES LIGNES DE LA NOUVELLE ORGANISATION

Mars 1987

GROUPE TECHNOLOGIE, AFFAIRES INTERNATIONALES ET IREQ

Vice-présidence Recherche (IREQ)

Alain Brosseau

Appareillage électrique

Automatismes, Mesures et Communications

Câbles et Isolation interne

Chimie des matériaux

Fusion – Tokamak

Lignes aériennes et Isolation externe

Mécanique

Métallurgie et Technologie des matériaux

Méthodes de gestion et d'analyse numérique de réseaux

Vice-présidence Laboratoires de recherche et d'essais et Simulation de réseaux (IREQ)

Louis Masson

Centre d'études et de simulation de réseaux

Laboratoire Grande puissance

Laboratoire Haute tension

Services techniques

Techniques de mesure et Informatique scientifique

Vice-présidence Innovation technologique

Toby Gilsig

Bureau d'innovation

Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTEE)

Chimie et Électrochimie industrielles
Électrotechnologies industrielles
Plasmas industriels

Projets d'innovation technologique

Direction Planification de la technologie

Denise Therrien

Plan de la technologie

Technologies de distribution et d'utilisation de l'énergie

Technologies de production de l'énergie

Technologies de transport de l'énergie

Service Ressources

Jean Lapointe

LISTE DES SIGLES

ACDI	Agence canadienne de développement international
ACE	Association canadienne de l'électricité
BCHI	British Columbia Hydro International
CEI	Commission Électrotechnique Internationale
CIGRÉ	Conférence Internationale des Grands Réseaux Électriques
EPRI	Electric Power Research Institute (États-Unis)
HQI	Hydro-Québec International
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (États-Unis)
IERE	International Electrical Research Exchange
INRS-Énergie	Institut national de la recherche scientifique (Québec)
LTEE	Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (Québec)
MIT	Massachusetts Institute of Technology (États-Unis)
RTBJ	Réseau de transport de la Baie James
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization

VPR
Vice-présidence Recherche (IREQ)

VPL
Vice-présidence Laboratoires de recherche et d'essais et Simulation de réseaux (IREQ)

VPIT
Vice-présidence Innovation technologique

RAPPORT D'ACTIVITÉ 1986
UNE NOUVELLE PRÉSENTATION

Cette année, les activités de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec sont présentées de façon différente de celle des années précédentes. En effet, elles ont été regroupées par domaines : production, transport, distribution, ou par rubriques : activités commerciales, nouvelles installations, etc.

Chaque texte décrit une activité dans un domaine particulier ; il est suivi du nom du service qui en est responsable et de celui de la vice-présidence à laquelle ce service appartient. Toutes les références à des unités administratives ou à des titres correspondent aux structures en vigueur en mars 1987.

Les activités de recherche et de développement réalisées en 1986 illustrent la diversité des contributions de l'Institut de recherche d'Hydro-Québec. Elles reflètent la multiplicité des domaines d'intervention et témoignent de l'ardeur dont a fait preuve le personnel pour répondre aux besoins de l'entreprise et maintenir celle-ci à la fine pointe de l'innovation technologique.

Du laboratoire au réseau

Les recherches dans les domaines des interconnexions et de l'exploitation du réseau ont été au cœur des travaux effectués à l'IREQ au cours de l'année. Afin d'aider l'entreprise à choisir le mode d'isolement de la sixième ligne du RTBJ (à ±450 kV), plusieurs séries d'essais et de mesures en milieu naturel et en laboratoire ont été réalisées sur les principaux types d'isolateurs conçus pour le courant continu. Par ailleurs, nous avons continué d'étudier les répercussions environnementales de l'interconnexion des Cantons – Comerford. Des recherches effectuées sur place, ainsi que sur la ligne expérimentale de l'IREQ, ont permis d'évaluer le niveau de bruit ambiant audible ainsi que l'intensité du champ électrique et du courant ionique naturel. Elles permettront de mieux valider l'effet réel de cette ligne sur l'environnement après sa mise sous tension.

Toujours en matière d'interconnexions, le simulateur de réseaux à courant continu à haute tension a servi à étudier la liaison à courant continu Radisson – Nicolet – des Cantons – Nouvelle-Angleterre, afin de déterminer les problèmes susceptibles d'influencer les stratégies de protection de cette ligne. En outre, une étude sur la fiabilité des interconnexions à courant continu a été effectuée avec l'appui financier de l'ACE.

D'autre part, on a poursuivi les travaux d'optimisation de l'acier IRECA, un acier ultra-résistant à la cavitation érosive mis au point par les chercheurs de l'IREQ. Ce nouvel acier inoxydable à faible teneur en cobalt sert à la réparation des turbines hydrauliques. Des efforts ont également été consacrés à des projets tels que la protection modulaire dans les centrales, la mise au point d'une télécommande en lignes de distribution et d'un système automatique d'essais d'appareillage, la qualification d'éclateurs à 735 kV pour la protection du réseau de transport et la mesure du décalage angulaire de la tension.

Plusieurs projets de recherche, de développement et de mise au point ont été réalisés en collaboration avec des entreprises. Ainsi, l'IREQ a poursuivi, avec Cegelec Industrie inc., la mise au point de disjoncteurs fonctionnant à de très basses températures. Quant au nouveau parafoudre de distribution conçu avec Les Industries Joslyn (Canada) ltée, il fait l'objet de travaux d'optimisation après avoir subi avec succès des essais de court-circuit. Enfin, dans le cadre d'une entente avec Bell Canada, un centre d'études et d'essais sur les réseaux extérieurs a été construit par cette société sur les terrains de l'IREQ à Varennes.

De l'idée à l'usine

De nombreux produits conçus à l'IREQ ont été fabriqués et mis en marché par diverses compagnies. Un système de mesure de l'entrefer des génératrices a conduit à la création de la société Vibro-Meter inc., propriété de Nouveler, filiale d'Hydro-Québec, et de Vibro-Meter SA, de Suisse. La société Geneq de Montréal a obtenu une licence pour fabriquer un détecteur de verglas qui servira principalement à la surveillance des lignes à haute tension. Plu-

sieurs autres techniques ont trouvé des applications au cours de l'année. Par exemple, on a installé sur le réseau 30 dispositifs de signalisation à distance de la position des contacts de sectionneurs à haute tension en vue de les évaluer à moyen terme. D'autre part, les chercheurs ont mis au point un dosimètre portatif dans le cadre de recherches sur les effets biologiques de l'environnement électromagnétique. Ils ont aussi inventé une sonde pour détecter les isolateurs perforés sur les lignes à 735 kV.

La construction du Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies est maintenant terminée. Le LTEE offre aux entreprises des services d'étude et des installations d'essais pour l'implantation de l'électricité dans leurs procédés industriels. Il s'adresse notamment aux secteurs des pâtes et papiers, des mines, de la métallurgie, des textiles, de l'agro-alimentaire et de la chimie.

Enfin, des projets pilotes ont été réalisés en collaboration avec des fabricants de matériaux : Cascades inc., Domtar inc. et la société Armstrong de Gatineau. Ils portaient principalement sur le séchage par rayonnement infrarouge de matériaux poreux. Ils déboucheront vraisemblablement sur la conception et l'installation de fours de grande puissance. Une collaboration technique a aussi été établie avec des sociétés papetières pour la mise au point d'une source d'alimentation à courant alternatif d'une puissance de 20 kW, à une fréquence de 20 kHz, destinée au chauffage par induction utilisé pour le séchage du papier. Avec la société Les Constructions Désourdy inc., on a effectué des études pilotes sur le recyclage des bétons bitumineux et sur le séchage et le chauffage d'agrégats entrant dans la fabrication des bitumes.

D'aujourd'hui à demain

Plusieurs des technologies de pointe ont franchi des étapes importantes. Le tokamak de Varennes, dispositif expérimental utilisé dans le domaine de la fusion nucléaire par confinement magnétique, en était à la phase finale de construction en 1986. En ce qui a trait au projet ÉOLE, une firme d'experts-conseils terminait l'installation du rotor et entamait la phase finale de mise en service.

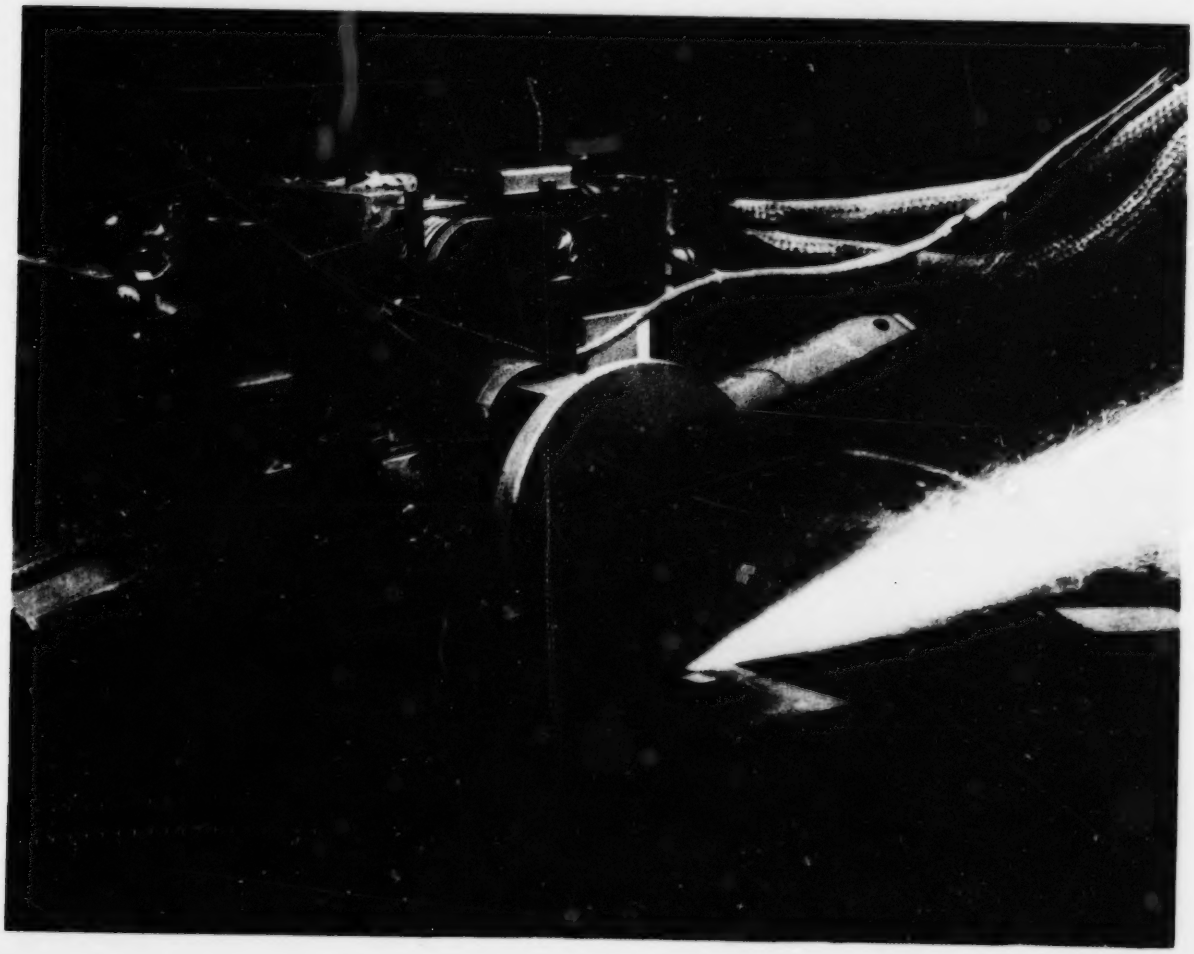
Dans le domaine de la robotique, des progrès considérables ont été accomplis, notamment avec la mise au point du premier prototype d'un système compact pour la réparation sur place des turbines endommagées par la cavitation. Il s'agit là d'un projet réalisé conjointement avec Ontario Hydro. Par ailleurs, nous avons poursuivi le développement des techniques de robotisation de l'entretien dans le domaine de la distribution. Cette année, les travaux ont porté sur l'installation et l'enlèvement en laboratoire des fils d'attache des isolateurs en céramique sur une ligne de distribution.

D'autre part, grâce aux remarquables propriétés magnétiques, mécaniques et chimiques des métaux amorphes, leur application dans le domaine des transformateurs de distribution est devenue fort intéressante. Deux prototypes de 50 et de 100 kVA ont permis de confirmer les avantages du concept élaboré. Enfin, l'IREQ a achevé ses travaux de prédéveloppement des accumulateurs à électrolytes polymériques et a réalisé des études pour certains marchés sur des configurations d'accumulateurs.

Hydro-Québec assure la production de la quasi-totalité de l'électricité vendue sur le territoire québécois. Elle exporte aussi une certaine quantité d'électricité aux réseaux voisins. En 1986, le parc de production de l'entreprise fournissait 128,1 milliards de kWh.

Pour assurer la fiabilité de cette production et pour l'améliorer davantage, l'IREQ a consacré une partie importante de ses travaux à ce domaine. La gestion de la production, la surveillance des groupes turbines-alternateurs, la détection de la cavitation des turbines et la robotisation de leur entretien, la mise au point d'un nouvel acier et l'étude de la dégradation des enroulements de stators sont autant de sujets traités au cours de l'année. L'IREQ se tourne aussi vers l'avenir avec des projets tels le tokamak de Varennes, les éoliennes et l'énergie de la biomasse.

Mise au point d'un robot compact pour la réparation des roues de turbines, projet réalisé en collaboration avec Ontario Hydro et cofinancé par l'ACE.



Gestion à moyen et à long terme de la production

Des travaux de refonte majeure des programmes de gestion à moyen et à long terme du réseau de production d'Hydro-Québec se sont poursuivis en 1986 pour le compte de la direction Planification des mouvements d'énergie.

Dans le cas de la gestion à moyen terme, on a mis au point un modèle plus détaillé que le précédent, tant sur le plan hydraulique que sur le plan des mouvements d'énergie. Une nouvelle méthode de résolution des problèmes représentés par le modèle a également été mise au point. Ces innovations nous ont amenés à créer une troisième version du programme NUMA qui sera mise en exploitation au début de 1987.

Dans le cadre de la gestion à long terme, des études ont été réalisées afin de tenir compte de l'incertitude relative à la demande d'énergie, et de créer une fonction qui reflète mieux l'état du réseau dans les années qui suivront la période planifiée. Par ailleurs, dans la poursuite de ces travaux, on a acquis ou évalué des outils de développement de systèmes experts *(shells)* et des logiciels d'optimisation.

Méthodes de gestion et d'analyse numérique de réseaux, VPR

Projet SUPER : surveillance permanente des groupes turbines-alternateurs

Dans le cadre de la politique d'amélioration de la productivité des centrales hydroélectriques, des travaux ont été entrepris à la demande de la vice-présidence Production, Transport et Distribution pour mettre au point un système de surveillance permanente des groupes turbines-alternateurs. Ce système comprend un ensemble de capteurs reliés à un microprocesseur d'acquisition, lui-même jumelé à un micro-ordinateur de traitement. Il aura pour fonction de suivre un certain nombre d'indices relatifs à l'état de la machine, ce qui permettra au gestionnaire de la centrale de mieux planifier les interventions sur les groupes. On réduira ainsi les arrêts destinés à l'inspection de ces groupes et, de ce fait, on augmentera leur disponibilité. La première unité de ce type sera installée sur le groupe 6 de la centrale de Beauharnois et sera en service à la fin de 1987.

Mécanique, VPR

Robotisation de la réparation des roues de turbines

Le développement du premier prototype d'un système robotisé compact pour réparer sur place les dommages causés par la cavitation dans les turbines hydrauliques a progressé considérablement. Cette application nécessitait un robot léger, de faible encombrement et capable de réaliser des tâches multiples (gougeage, soudage, meulage) dans un contexte souvent mal défini. Un robot modulaire à cinq axes se déplaçant sur un rail à géométrie variable a été construit spécialement dans ce but. Ce projet est réalisé en collaboration avec le Centre de recherche d'Ontario Hydro et cofinancé par l'ACE.

Métallurgie et Technologie des matériaux, VPR

Projets analytiques en turbines hydrauliques

Plusieurs projets à caractère analytique ont été entrepris dans le domaine des turbines hydrauliques :

- participation aux études menées par le constructeur des turbines de La Grande 2 pour résoudre le problème de fissuration ;
- modélisation et simulation numérique d'une installation hydroélectrique ;
- études d'écoulement fluide et des calculs de contraintes.

Mentionnons qu'une entente de coopération scientifique avec les Ateliers d'Ingénierie Dominion permet des échanges qui favorisent la réalisation de ces projets. Ces travaux ont été effectués pour la vice-présidence Production, Transport et Distribution.

Mécanique, VPR

Détection de la cavitation érosive par analyse spectrale

On a effectué en laboratoire des mesures acoustiques et des mesures de vibrations dans la bande de 0 à 100 kHz sur un premier modèle d'une turbine Francis de la centrale La Grande 3.

L'analyse des résultats indique qu'un accéléromètre monté radialement sur le palier guide inférieur de l'arbre de la turbine permet d'obtenir les données qui correspondent le mieux à celles des érosimètres DECER montés sur les aubes du modèle. Ces résultats sont intéressants puisqu'il est plus pratique et plus efficace de détecter la cavitation érosive avec un accéléromètre qu'avec un érosimètre.

Un second programme de mesures a été appliqué à une roue de turbine Francis très sensible à la cavitation. Ces mesures ont été faites sur le modèle et sur le prototype, avant et après les modifications qui se sont avérées nécessaires. On a ensuite appliqué avec succès des techniques d'analyse spectrale de la modulation du bruit et des vibrations à hautes fréquences. Ces techniques permettent d'obtenir une perception particulièrement intéressante de la cavitation sur la machine. L'analyse des résultats est en cours.

Physico-chimie des eaux

Nous avons réalisé en laboratoire une étude pour la centrale de Gentilly 2 de la région Mauricie. Elle portait sur la stabilité thermique de la morpholine, une substance employée pour modifier le pH des eaux du cycle thermique des centrales. L'étude a permis d'établir la cinétique de décomposition de cette substance, d'identifier les principaux produits de dégradation et de proposer un schéma réactionnel. Elle a aussi permis de développer de nouvelles méthodes analytiques qui sont actuellement mises à profit pour l'examen d'échantillons d'eau provenant de la centrale nucléaire de Gentilly 2.

Par ailleurs, l'identification et la quantification des traces d'acides organiques contenues dans les eaux du cycle thermique ont nécessité la mise au point de méthodes de prélèvement, de conservation et d'analyse. Enfin, un autre projet en cours a pour objectif d'augmenter la précision de la méthode de dosage du bore contenu dans le modérateur de Gentilly 2.

Métallurgie et Technologie des matériaux, VPR

Élaboration d'un échantillon d'acier IRECA, acier inoxydable au cobalt, ultra-résistant à la cavitation, coulé au four centrifuge à induction.

IRECA , un acier ultra-résistant à la cavitation érosive

L'application aux turbines hydrauliques de ce nouvel acier inoxydable à faible teneur en cobalt exige une optimalisation non seulement de sa résistance à l'érosion, qui est déjà aussi grande que celle du meilleur alliage métallique connu, mais également de sa résistance à la fissuration et à la corrosion ; on travaille aussi à optimiser sa soudabilité. De plus, il est impératif d'assurer un contrôle rigoureux de la qualité de ce nouveau produit.

Ces perfectionnements ont été intégrés aux derniers lots expérimentaux d'électrodes enrobées destinées au soudage et produites par un fabricant québécois. Hydro-Québec en a grandement bénéficié puisqu'en 1986 seulement elle a utilisé plus de 3 000 kg d'électrodes en acier IRECA pour la réparation des turbines. Par ailleurs, on est à mettre au point un fil-électrode de soudage. Ces travaux ont été réalisés pour la direction Appareillage.

Métallurgie et Technologie des matériaux, VPR

Protection modulaire dans les centrales

Un prototype de relais numérique pour la protection intégrée des alternateurs dans les centrales a été mis au point. Le principe consiste à employer un nombre minimal de cartes standards (cartes de gestion générale, d'acquisition analogique, d'entrée-sortie, etc.) et une ou plusieurs cartes comprenant chacune un calculateur spécialisé et réalisant une ou plusieurs fonctions de protection complexes. Le passage d'une fonction à une autre peut s'accomplir par simple substitution de mémoires mortes sur une carte de calculateur. Ce système modulaire a l'avantage de pouvoir couvrir tout le champ des relais complexes.

Automatismes, Mesures et Communications, VPR

Dégradation des enroulements de stators de machines tournantes

Les études sur les techniques servant à déterminer le vieillissement et la dégradation des enroulements de stators des machines tournantes se sont poursuivies en vue d'interpréter les spectres de décharges mesurées sur les machines tournantes d'Hydro-Québec. Par ailleurs, des recherches à caractère plus fondamental sur l'interprétation et la nature des spectres de décharges partielles dans les systèmes isolés à l'époxy se sont poursuivies pour l'ACE. Un modèle mathématique des processus de décharges a été réalisé et des études expérimentales sont en cours pour le valider. Ces activités s'inscrivent dans le cadre d'un programme de développement d'un nouveau système de mesure des décharges partielles dans les alternateurs.

Câbles et Isolation interne, VPR

Essais de vieillissement accéléré sur les enroulements d'alternateurs

Dans le cadre des travaux de réfection des centrales de la région Maisonneuve, des essais de vieillissement accéléré ont été réalisés sur plusieurs enroulements de stators isolés au ruban de mica et imprégnés de résine époxyde. Au cours de ces essais, l'isolation des enroulements a été soumise à des contraintes thermiques et électriques supérieures à celles qui peuvent se produire en service normal, et ce, afin d'accélérer le processus de vieillissement. Les résultats obtenus ont permis de déterminer la tenue à long terme de l'isolation de ces enroulements et d'établir de meilleures méthodes d'essai et d'analyse.

Câbles et Isolation interne, VPR

Prototype de relais numérique pour la protection intégrée des alternateurs dans les centrales.

Oxydation des barres omnibus à Bersimis 1

Des études métallographiques et chimiques des barres omnibus de la centrale de Bersimis 1 ont permis de mettre en évidence la nature des problèmes de dégradation aux joints de ces composants. Plus particulièrement, des défauts de brassage dans ces joints font que ceux-ci supportent mal le cyclage thermique important qui leur est imposé. La dégradation qui s'ensuit est progressive. Ce mécanisme d'oxydation sera étudié par des essais de vieillissement thermique contrôlé.

Chimie des matériaux, VPR

Montage du tokamak de Varennes

Le tokamak de Varennes est un dispositif expérimental destiné aux recherches sur la fusion nucléaire par confinement magnétique. En 1986, plusieurs étapes importantes ont été franchies dans sa mise au point. En effet, la majeure partie des installations a été parachevée. Ce projet de grande envergure est financé en partie par le Conseil national de recherches du Canada, et, pour la phase d'exploitation, par L'Énergie Atomique du Canada, Limitée, agissant pour le Comité interministériel de la recherche et du développement

Phase finale d'installation du tokamak de Varennes.

énergétiques. Par ailleurs, Canatom inc., MPB Technologies inc., l'Institut national de la recherche scientifique et l'Université de Montréal participent à ces travaux. Ces deux derniers établissements contribuent aussi aux coûts de main-d'œuvre.

Le montage proprement dit du tokamak de Varennes a commencé au mois d'avril 1986, une partie importante de l'infrastructure ayant déjà été réalisée (génie civil, aspects mécanique et électrique). L'installation des structures inférieures de support, des parties inférieures des bobines magnétiques toroïdales et du solénoïde central a conduit, en juillet, à l'opération critique et délicate de l'installation de la seizième bobine toroïdale dans le solénoïde. La chambre à vide a été installée de façon définitive en octobre. Elle avait été préparée et vérifiée parallèlement aux autres travaux. En novembre, le montage des dernières bobines poloïdales a été effectué, tandis qu'à la toute fin de l'année, on a procédé à la fermeture des bobines toroïdales et à l'installation de la structure supérieure et des derniers composants de refroidissement.

La mise en service des différents sous-systèmes s'est déroulée au cours de la dernière moitié de l'année. Lorsque c'était possible, la section correspondante du système de commande était mise en service simultanément.

Pendant le montage, l'équipe scientifique terminait la préparation des divers systèmes diagnostiques qui serviront à mesurer et à étudier les plasmas. La production du premier plasma, point culminant de la réalisation du projet, aura lieu au cours du premier semestre de 1987.

Fusion - Tokamak, VPR

Recherches sur les éoliennes

La réalisation du projet ÉOLE, projet de construction d'une éolienne de 4 MW entrepris il y a quelques années, a été transférée à la firme Lavalin. À la fin de 1986, cette société terminait l'installation du rotor, et la phase de mise en service devrait commencer au début de 1987. D'autres activités de recherche reliées à la conception des éoliennes se sont poursuivies. Il s'agit du développement d'une méthode de calcul des forces aérodynamiques instationnaires sur les pales d'éoliennes Darrieus, en collaboration avec l'Université de Sherbrooke, et de techniques de modélisation des pales. Des essais d'analyse modale sur l'éolienne de 50 kW qui se trouve à l'IREQ ont permis de valider les méthodes développées pour l'analyse structurale des rotors.

Par ailleurs, en raison de l'intérêt manifesté pour l'utilisation des éoliennes dans les réseaux non reliés, non seulement à Hydro-Québec, mais aussi à travers le Canada, on a réalisé une étude de l'état de la technologie et de la rentabilité du jumelage des éoliennes aux centrales diesel. Cette étude a démontré qu'une telle application est possible et qu'elle serait rentable. Un autre projet a été entrepris grâce à une subvention du ministère de l'Énergie, des Mines et des Ressources du Canada. Il porte sur l'installation d'un groupe diesel jumelé à l'éolienne de 50 kW de l'IREQ en vue de la mise au point d'un système de régulation et de commande. Enfin, nous avons participé au projet de démonstration d'une éolienne installée à Kuujjuaq, dans le Nord québécois.

Mécanique, VPR

Énergie de la biomasse

Le gazogène de 55 kg/h de l'IREQ a servi à de nombreux essais, au développement de la métrologie et de l'automatisation, ainsi qu'à la mise au point de stratégies expérimentales pour un programme d'analyse de bilans de matière et d'énergie.

Ces travaux relatifs à la gazéification du bois dans un lit fluidisé alimenté à l'air ont avant tout servi de soutien au projet Biosyn. Ce projet de gazéification à l'oxygène pressurisé, implanté à Saint-Juste-de-Bretenières, utilise un gazogène de 10 t/h de bois sec.

Par ailleurs, des projets à caractère plus fondamental ont été réalisés en collaboration étroite avec les universités de Western Ontario et de Sherbrooke. Mentionnons une étude de la mécanique des fluides sur maquette de gazogène et le développement d'un modèle mathématique d'un réacteur à lit fluidisé.

Électrotechnologies industrielles, VPIT

À cause de l'éloignement des grandes centrales par rapport aux principaux centres de consommation, Hydro-Québec doit acheminer des quantités massives d'électricité sur de très longues distances. La fiabilité de son réseau de transport se doit donc d'être sans pareille.

Par ailleurs, la conjoncture énergétique et économique actuelle fait que les liaisons avec les réseaux voisins revêtent de plus en plus d'importance.

L'IREQ a donc concentré ses efforts sur les points suivants : améliorer la continuité du service, développer la technologie des interconnexions, mettre au point de nouveaux matériels, et optimiser les techniques de transport de l'électricité.

Différents types d'isolateurs ont été testés dans le cadre des études sur le choix de l'isolation pour la 6e ligne du RTBJ à ± 450 kV.

Choix de l'isolation pour la sixième ligne du RTBJ à ±450 kV

À la demande de la direction ..ignes de transport, plusieurs ..éries d'essais et de mesures en ..nilieu naturel et en laboratoire ..nt été effectuées sur les principaux types d'isolateurs conçus pour les lignes à courant continu, afin d'en comparer les performances. Les résultats obtenus en milieu naturel étaient fondés, en premier lieu, sur la mesure de la tension de contournement des chaînes d'isolateurs alimentés respectivement à ±450 kV et à ±120 kV aux stations d'essais de l'IREQ et de Brompton-ville et, en second lieu, sur la mesure du courant de fuite et du taux de contamination à la surface des isolateurs. En laboratoire, des essais sous brouillard salin et sous brouillard propre d'isolateurs contaminés naturellement et artificiellement ont été exécutés pour comparer leur performance, alors que des essais sous fortes contraintes électriques (jusqu'à ±500 kV par isolateur) ont été réalisés sur plusieurs types d'isolateurs céramiques de suspension afin de mesurer leur rigidité diélectrique.

Lignes aériennes et Isolation externe, VPR

Impact sur l'environnement de la ligne des Cantons – Comerfor.. ±450 kV

Le projet des Cantons – Comerford comprend deux postes de conversion, l'un au Québec (des Cantons, près de Sherbrooke), l'autre au New Hampshire (Comerford). Ils sont reliés par une ligne à courant continu de ±450 kV, longue de 172 km et conçue en deux sections, l'une au Canada et l'autre aux États-Unis.

Le projet de recherche effectué pour la direction Environnement visait à mesurer l'influence des conditions ambiantes sur les performances réelles en ce qui a trait aux effets de couronne et aux champs électriques d'une ligne opérationnelle, de manière à valider les impacts qui ont été prévus au cours de l'étude sur la ligne expérimentale de l'IREQ. Pour ce faire, on a installé un réseau de surveillance : les ouvrages de génie civil ont été terminés à la mi-juillet 1986, et les installations d'acquisition et de transmission des données sont actuellement en cours de parachèvement. En attendant, on a installé depuis le 22 mai 1986 un réseau temporaire de mesure qui a permis de connaître le niveau de bruit audible ambiant sur le site, ainsi que l'intensité du champ électrique et du courant ionique naturel. Ces mesures permettront de mieux valider l'impact réel de cette ligne sur l'environnement après sa mise sous tension.

Lignes aériennes et Isolation externe, VPR

Étude de la liaison à c.c. La Grande – Nouvelle-Angleterre

Une étude de la liaison multiterminale à courant continu Radisson – Nicolet – des Cantons – Nouvelle-Angleterre a été effectuée sur le simulateur CCHT de l'IREQ. Ce réseau est constitué d'une longue ligne CCHT de ±450 kV, 2 000 MW. Une fois terminé, il comportera cinq postes de conversion.

L'étude, réalisée pour la vice-présidence Planification des équipements, a permis de déceler certains problèmes potentiels : l'auto-excitation des alternateurs de La Grande 2 et la possibilité qu'une surtension causée par la ferro-résonance se produise à Radisson. Pour aider les ingénieurs en planification, on a déterminé les limites au-delà desquelles ces phénomènes se produiront. On a aussi démontré que des techniques de protection fondées sur la commande du courant continu peuvent permettre d'éviter les problèmes éventuels de l'exploitation du poste Comerford en présence de courants induits à 60 Hz sur la ligne à courant continu.

Centre d'études et de simulation de réseaux, VPL

Protection des lignes à 315 kV Lévis – Rivière-du-Loup par compensation série

À partir de 1987, quatre lignes à 315 kV seront mises progressivement en service entre les postes Lévis et Rivière-du-Loup. On utilisera la compensation série afin de pouvoir augmenter le transit de puissance vers le réseau gaspésien. Cette nouvelle approche ne permet plus de protéger ce type de lignes par la méthode conventionnelle par impédance.

Deux relais de protection de conception différente ont donc été raccordés au simulateur de réseau en courant alternatif de l'IREQ afin d'étudier leur comportement. Le premier fonctionne selon le principe de propagation de front d'onde et le second selon le principe de comparaison de phases. Ils ont été soumis à divers types de perturbations.

Ces essais, réalisés pour la direction Ingénierie de postes, Automatismes et Télécommunications, ont permis d'évaluer la fiabilité des relais, leur sûreté ainsi que leur limite de fonctionnement. Pour améliorer leur comportement, on les a modifiés et on a apporté des changements à leurs réglages. Ces deux types de relais seront installés sur le réseau gaspésien en 1987.

Centre d'études et de simulation de réseaux, VPL

Fiabilité des interconnexions à courant continu

À cause de l'importance roissante des interconnexions à ourant continu au Canada, à la ois pour transporter l'électricité ur de longues distances et pour réaliser des liaisons asynchrones, l'ACE finance actuellement une étude effectuée à l'IREQ et qui vise à évaluer la fiabilité du transport en courant continu. Cette étude a trois objectifs. Le premier consiste à répertorier les configurations existantes et à les regrouper en un ensemble de configurations standards. Le second objectif est de développer une méthode pour évaluer la fiabilité de ces configurations. Enfin, le dernier objectif consiste à analyser les configurations retenues à l'aide de la méthode développée. Le rapport final du projet sera remis aux conseillers de l'ACE au début de 1987.

Méthodes de gestion et d'analyse numérique de réseaux, VPR

La ligne Radisson – Nouvelle-Angleterre (± 450 kV) à c.c. a fait l'objet d'études au moyen du simulateur à courant continu.

Logiciels d'analyse de réseaux

Le réseau de stations de travail APOLLO utilisé pour le développement des logiciels a été complété par l'addition de quatre stations et d'un serveur de fichiers.

Dans le domaine du courant continu, le programme de stabilité a été adapté à la simulation en parallèle d'interconnexions et de réseaux multibornes de façon à permettre aux ingénieurs d'Hydro-Québec d'effectuer des études à grande échelle sur les réseaux interconnectés du Québec, de l'Ontario, du Nouveau-Brunswick et des États de la Nouvelle-Angleterre.

Par ailleurs, une option permettant à l'usager du logiciel d'entrer directement ses modèles sous forme de fichiers a également été développée. Celle-ci a considérablement augmenté les possibilités de modélisation du programme. Les principaux logiciels ont aussi été adaptés et testés sur des processeurs rapides, des super-ordinateurs et sur le système UNIX. Ces logiciels sont utilisés par plusieurs groupes dans l'entreprise.

Méthodes de gestion et d'analyse numérique de réseaux, VPR

Étude des charges statiques et dynamiques transmises aux pylônes par le vent

En collaboration avec la direction Ingénierie de lignes, un projet a été entrepris sur la ligne expérimentale des Îles-de-la-Madeleine afin de déterminer les valeurs moyennes et extrêmes des charges transmises aux pylônes, ainsi que celles de l'angle d'inclinaison des chaînes d'isolateurs, en présence de forts vents turbulents. Ces mesures permettront de mieux définir certains critères de conception des lignes de transport pour tenir compte du caractère aléatoire du vent, aussi bien dans le temps que dans l'espace. Les résultats de ce projet seront aussi utilisés pour valider un modèle de calcul existant et pour proposer des améliorations afin de mieux représenter la situation réelle.

Mécanique, VPR

Comportement thermo-mécanique des câbles de transport souterrains

Une méthode analytique a été élaborée pour calculer les déformations cycliques de la gaine des câbles de transport souterrains, les déplacements longitudinaux des câbles dans les puits d'accès et la poussée exercée sur les jonctions. Ces informations sont essentielles pour évaluer la vie utile des câbles existants, pour réaliser une conception optimale du conduit et pour effectuer un choix économique des dimensions des puits d'accès pour les nouvelles lignes. Les logiciels correspondants permettent de déterminer, à partir de plusieurs déformées possibles, celle qui représente l'énergie potentielle minimale. Cette déformée tient compte aussi du frottement dans le conduit et de l'élasticité des boucles près des jonctions.

Mécanique, VPR

Mise au point d'un disjoncteur grand froid

Dans le cadre des travaux réalisés en collaboration avec la société Cegelec Industrie inc., différentes techniques ont été expérimentées afin de compenser les baisses de performance des disjoncteurs au SF_6 à de basses températures. Parmi les techniques les plus prometteuses, mentionnons l'injection de SF_6 liquide dans la région de coupure de l'arc, l'utilisation de mélanges de gaz et finalement le dimensionnement de la chambre de coupure. Deux nouveaux prototypes de disjoncteurs ont réussi à couper 50 kA sur court-circuit aux bornes et 45 kA sur défaut en ligne, à -50 °C. La mise au point se poursuit pour des coupures de courants asymétriques et capacitifs, et pour des essais diélectriques. Les recherches nous ont aussi amené à proposer de nouveaux critères plus déterminants pour simuler des essais de coupure par grand froid de disjoncteurs au SF_6. Ces nouveaux critères nous incitent à mettre en doute ceux utilisés jusqu'à maintenant.

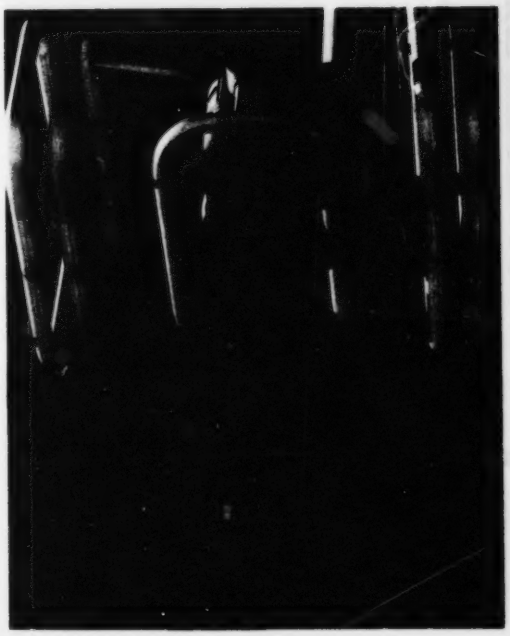
Appareillage électrique, VPR

Système de signalisation de la position des contacts de sectionneurs

Après les phases de développement et de vérification de prototypes de ce système en laboratoire, on a fabriqué 30 unités de tête de série qui ont été installées sur des sectionneurs à haute tension, en vue d'une évaluation à moyen terme. Ce système de signalisation, dans sa version finale, fonctionne comme suit : sur les mécanismes de détection de la position des contacts, situés à la mâchoire et au pivot du sectionneur, on a fixé des réflecteurs pivotants placés au niveau de la haute tension. Ils réfléchissent vers un détecteur un faisceau infrarouge provenant d'une source qui est placée, tout comme le détecteur, au niveau de la basse tension. Ces travaux ont été effectués pour la direction Appareillage.

Appareillage électrique, VPR

On poursuit avec Cegelec Industrie inc. la mise au point de disjoncteurs au SF_6 fonctionnant à de très basses températures.



Un système de signalisation de la position des contacts de sectionneurs au moyen de faisceaux infrarouges a été mis au point. Trente de ces dispositifs ont été installés sur le réseau pour évaluation.

Qualification d'éclateurs court-circuiteurs à 735 kV

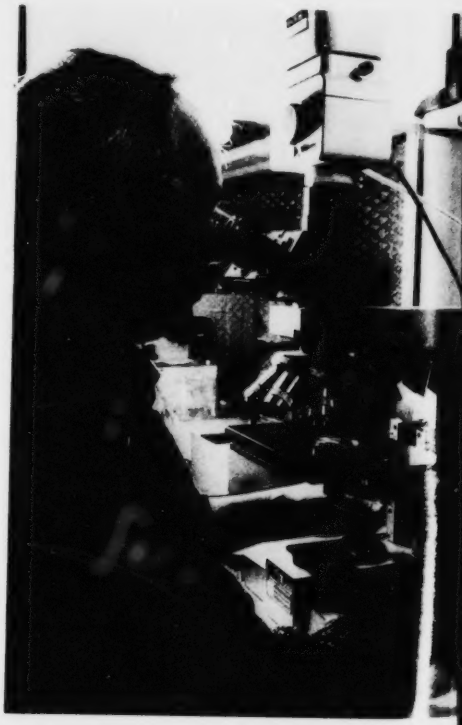
Nous avons réalisé pour la direction Transport un programme de qualification d'éclateurs court-circuiteurs à 735 kV, lesquels devraient permettre de résoudre les problèmes qui se produisent lorsque le RTBJ se sépare du reste du réseau de transport d'Hydro-Québec. Ce programme avait pour objectif de déterminer avec précision le niveau de la tension d'amorçage des appareils (valeur souhaitée : ±2,5 %) et de démontrer leur capacité de supporter un courant de court-circuit atteignant 40 kA_{eff} d'une durée de 20 périodes. On a réalisé des essais d'amorçage spontané, d'amorçage forcé, de formation de glace dans les tuyères et de court-circuit. Ce programme de qualification se poursuivra en 1987.

Appareillage électrique, VPR

Caractérisation des particules solides en suspension dans les huiles de transformateurs

Après plus de deux ans d'échantillonnage et d'analyse des huiles provenant des transformateurs et des inductances en service dans le réseau de transport, nous avons maintenant une meilleure connaissance de la contamination en particules solides des huiles isolantes utilisées dans ces appareils. Des fibres de cellulose, des cristaux de silice, de fines particules de carbone et différents métaux invisibles à l'œil nu peuvent maintenant être dimensionnés, identifiés, et leur présence quantifiée par des techniques comme le comptage électronique, l'analyse ferrographique et l'absorption atomique. L'évolution de la présence des particules en suspension dans l'huile permet un meilleur suivi de l'appareillage et complète les outils de diagnostic déjà utilisés, telle l'analyse des gaz dissous. La direction Appareillage a bénéficié de ces travaux.

Câbles et Isolation interne, VPR



Caractérisation des particules solides dans l'huile des transformateurs.

Évaluation des coefficients macroscopiques de transport des gaz isolants et de leurs mélanges

On a étudié les phénomènes de transport des électrons dans les gaz électronégatifs ainsi que leurs mélanges. Les résultats obtenus ont permis de caractériser et d'évaluer les performances diélectriques des gaz isolants utilisés dans l'appareillage électrique. Ils donnent également une meilleure compréhension du comportement diélectrique des gaz, notamment en démontrant le synergisme dans les propriétés macroscopiques de certains mélanges de gaz et la variation des champs limites des mélanges binaires.

Câbles et Isolation interne, VPR

Étude de la résistance mécanique des cuves de l'appareillage isolé à l'huile en condition de claquage

De nouveaux modes théoriques utilisés parallèlement à une simulation sur ordinateur ont facilité l'étude de la résistance mécanique des cuves de l'appareillage isolé à l'huile, lorsque se produit une explosion causée par un claquage interne. Ces nouvelles méthodes de calcul ont déjà permis d'identifier certains facteurs critiques et d'évaluer leurs effets, fournissant ainsi une partie de l'information essentielle à la conception de cuves plus résistantes. Par ailleurs, les vastes possibilités du programme d'ordinateur ouvrent la voie, à moyen terme, à des études beaucoup plus poussées de tous ces types d'appareils.

Mécanique, VPR

Optimisation de la régénération des huiles de transformateurs

Une étude de la résistance à l'oxydation des huiles de transformateurs régénérées a été effectuée pour le compte de l'ACE. Cette recherche consistait à déterminer, au moyen d'essais en laboratoire, le moment le plus propice à la régénération des huiles isolantes en service. Il a été démontré qu'une huile isolante régénérée à la fin de sa période d'induction (caractérisée par l'épuisement de l'antioxydant) présente une résistance au vieillissement équivalente à celle de l'huile originale. Par contre, une huile régénérée à sa période de saturation (oxydation avancée) montre une résistance à l'oxydation nettement inférieure à celle de l'huile originale.

Câbles et Isolation interne, VPR

Qualification des huiles décontaminées de leurs BPC

On évalue actuellement divers procédés de décontamination des huiles isolantes contenant des BPC. Des travaux sur la qualification des huiles décontaminées de leurs BPC ont été réalisés en vue de choisir la technologie de décontamination la plus performante. Par ailleurs, des recherches sur des huiles décontaminées remises en service dans l'appareillage seront entreprises sous peu. Ces travaux s'inscrivent dans le cadre du programme d'Hydro-Québec de décontamination et d'élimination des BPC.

Câbles et Isolation interne, VPR

Surveillance de transformateurs à 735 kV en service

Nous avons mis au point des enregistreurs numériques de la tension transitoire qui apparaît sur les transformateurs de puissance dans les postes à 735 kV. Environ 500 transitoires enregistrées aux postes Manic, Boucherville et Châteauguay ont été analysées et comparées aux tensions de choc utilisées au cours des essais d'un transformateur neuf. On a aussi mis au point un logiciel qui effectue l'analyse spectrale des transitoires enregistrées dans les postes et quantifie les contraintes diélectriques en comparant le spectre de la transitoire à celui d'un choc normal ou d'un choc coupé à la tension d'essai.

Techniques de mesure et Informatique scientifique, VPL

Utilisation et amélioration du système de mesure de phase sur le réseau

Pour le compte de la direction Planification des mouvements d'énergie, nous avons terminé la mise au point des circuits des dispositifs de mesure dans les postes (commutateur de ligne, nouveau dispositif de mesure du décalage angulaire et des tensions, horloges asservies de type C) et nous avons mis au point divers programmes destinés à tracer les courbes de décalage angulaire, à observer les asymétries de tension et à caractériser la fréquence. Les programmes d'étude de la fréquence du réseau ont permis de caractériser la performance des automatismes de régulation de fréquence (régulateur de vitesse, réglage fréquence-puissance).

Un point de mesure a été installé au poste Châteauguay, sur la ligne à 765 kV vers les États-Unis. Il a permis d'observer les effets réciproques de diverses perturbations aussi bien du côté du Québec que de celui des États-Unis. De plus, le système de mesure a permis de mettre en relief certaines caractéristiques des phénomènes de résonance de deuxième harmonique sur cette partie du réseau.

Automatismes, Mesures et Communications, VPR

Système automatisé d'essais pour l'entretien de l'appareillage

Les travaux du système automatisé d'essais (SAE), réalisés pour la direction Appareillage, se sont poursuivis en collaboration avec le personnel du siège social et des régions. Ces personnes-ressources font l'analyse et définissent toutes les étapes nécessaires à la programmation du système automatisé d'essais. L'IREQ, de son côté, a pour tâche de développer et d'intégrer les logiciels. Un document proposant l'établissement d'une banque de données techniques a été élaboré ; il tient compte de l'intégration ou de la compatibilité de celle-ci avec les banques existantes. La banque contiendra les données fournies par le SAE et toute autre information pertinente à l'évaluation de la performance de l'appareillage des postes. Reliée à un ou plusieurs systèmes experts, elle comblerait un besoin pressant pour le personnel chargé de l'entretien préventif de l'appareillage.

Automatismes, Mesures et Communications, VPR

Une sonde directionnelle de mesure du champ électrique a été mise au point pour détecter les isolateurs défectueux.

Prototype industriel d'un relais numérique de protection de lignes

De concert avec la direction Ingénierie de postes, Automatismes et Télécommunications, on a entrepris la deuxième phase du projet de réalisation d'un relais numérique de protection intégrée de lignes à THT. Faisant suite au développement expérimental achevé en 1984, et profitant de l'évolution récente des microprocesseurs, la spécification technique prescrit la structure matérielle simplifiée du relais et les nouveaux critères de performance d'une tête de série industrielle. L'assemblage du matériel a été confié à un constructeur québécois alors que nous avons amorcé l'élaboration et l'implantation des algorithmes de protection rapides, fiables et insensibles aux perturbations transitoires.

Méthodes de gestion et d'analyse numérique de réseaux, VPR

Sonde de détection des isolateurs perforés

Cette nouvelle méthode de détection des isolateurs perforés a été mise au point dans le but de remplacer avantageusement la méthode de bourdonnement en usage sur le réseau de transport. Elle est fondée sur l'utilisation d'une sonde directionnelle de mesure de champ

électrique servant à détecter les discontinuités dans ce champ causées par la présence d'isolateurs défectueux. Des essais en laboratoire et en réseau ont démontré l'efficacité de cette nouvelle méthode pour laquelle des demandes de brevet ont été déposées en 1986 au Canada et aux États-Unis. Des efforts de commercialisation ont aussi été amorcés sous forme de présentations faites à deux sociétés spécialisées. La prochaine étape de ce projet porte sur l'optimisation du nouveau système et sur son implantation en réseau.

Techniques de mesure et Informatique scientifique, VPL

Record de puissance pour essais de transformateur en court-circuit

À la demande d'un constructeur d'appareillage, le laboratoire Grande puissance a réalisé des essais de court-circuit sur un transformateur monophasé de 100/133/167 MVA – 500/220/11 kV selon la norme ANSI C57.12.90-1980. Les six essais de tenue au courant de court-circuit d'une durée de 15 cycles ont nécessité une puissance monophasée de 3 700 MVA, ce qui constitue la plus haute valeur monophasée jamais réalisée au laboratoire.

Laboratoire Grande puissance, VPL

Essais à des températures extrêmes

La salle mécano-climatique du laboratoire Grande puissance a été très en demande puisque le vieillissement et la fiabilité de l'appareillage préoccupent de plus en plus les sociétés d'électricité et les constructeurs. Par exemple, on y a réalisé des essais de fonctionnement mécanique à des températures très basses et très hautes (– 40 °C et + 50 °C) ainsi que des essais de glace sur un interrupteur tripolaire à 138 kV, isolé au SF_6. Il s'agissait d'une première au laboratoire pour ce type d'appareil.

Laboratoire Grande puissance, VPL

Essais de décharge de forts courants impulsionnels dans des câbles à fibres optiques

Ces essais ont été réalisés au laboratoire Grande puissance, à la demande d'entreprises de télécommunications, afin d'étudier le comportement en cas de foudre des fibres optiques enfouies dans le sable humide. Les valeurs de courant se situaient entre 60 et 165 kA (valeur de crête), à des fréquences de 10 à 30 kHz. Les temps de montée variaient entre 11 et 20 µs.

Laboratoire Grande puissance, VPL

Essais de faisabilité sur un simulateur d'impulsions électromagnétiques

Le laboratoire Haute tension réalisé une série d'essais afin de rifier la possibilité de produire s impulsions électromagnétiques MP en utilisant le générateur de oc de 6,4 MV comme source rincipale d'énergie, ainsi que autres équipements du labora- oire. Nous avons construit à l'inté- ieur du grand hall un prototype d'un simulateur à onde limitée ayant un volume d'essais de 13 m de longueur par 7 m de largeur et 6 m de hauteur. Nous avons ensuite pris des mesures de champs magnétique et électrique, et nous avons obtenu des impulsions dont les temps de montée étaient d'environ 7 ns avec une intensité de champ magnétique de 200 A/m et de champ électrique de 50 kV/m.

Laboratoire Haute tension, VPL

Technique de calibrage du système de mesure des pertes de transformateurs

Une technique a été mise au point pour calibrer à haute tension, fort courant et très faible facteur de puissance les systèmes de mesure des transformateurs. Cette technique consiste à comparer les pertes mesurées par le système à l'étude dans un circuit de référence avec les mêmes pertes mesurées par d'autres moyens. La différence représente les erreurs dans le système à l'étude. Le circuit de référence comprend une batterie de condensateurs et une résistance à grande puissance. On détermine la puissance dissipée dans le circuit de référence par la somme des puissances dissipées dans les condensateurs et dans la résistance. Les deux sont mesurées séparément. Les essais indiquent que la puissance dissipée dans le circuit de référence peut être déterminée avec une erreur de moins de 0,25 %, pour un facteur de puissance de 0,01.

Laboratoire Haute tension, VPL

Au chapitre de la distribution, l'IREQ a joué un rôle important dans les efforts que l'entreprise a déployés pour améliorer la continuité et la qualité du service.

On s'est employé à mettre au point de nouveaux matériels et à rendre l'équipement existant plus efficace. Les travaux ont porté sur les parafoudres, les fusibles, les câbles et jonctions, les conducteurs, les canalisations multi-tubulaires, la télécommande en lignes et les transformateurs en acier amorphe. Des recherches ont aussi été réalisées pour augmenter la sécurité dans les réseaux souterrains et pour robotiser l'entretien.

Étude du claquage dans un câblage de polyéthylène extrudé de 25 kV.

Développement d'un parafoudre totalement sécuritaire

Dans le cadre d'un projet fectué avec Les Industries Joslyn anada) ltée, les premiers proto- pes de parafoudres de distribu- n à oxyde de zinc (ZnO) ont ussi à supporter des courts-circuits ternes de 8 kA, 10 périodes, de çon complètement sécuritaire. objectif est de produire, à un prix oncurrentiel, un appareil doté d'un limiteur de pression et d'un mécanisme qui permet de transfé- rer l'arc vers l'extérieur de l'enve- loppe de l'appareil lorsque se pro- duit un court-circuit interne. Dans un tel cas, le parafoudre ne doit pas exploser ni se fracturer. Nous poursuivons les travaux pour ré- duire les dimensions de l'appareil.

Appareillage électrique, VPR

Premiers prototypes de parafoudres de distribution mis au point avec Les Industries Joslyn (Canada) ltée.

Sécurité dans les réseaux souterrains

La défaillance d'un équipe- nent du réseau souterrain peut rovoquer des courants de défaut nportants et non équilibrés, aux- uels sont associées des hausses de otentiel de terre le long du réseau t des tensions induites dans les onducteurs parallèles au circuit en éfaut. Afin d'assurer la sécurité des travailleurs pouvant être expo- sés à ces tensions, on a effectué une étude pour essayer de régler ce pro- blème. Elle a été réalisée pour la di- rection Distribution et pour l'ACE. La première phase du projet a con- sisté à développer un programme interactif qui, couplé au logiciel EMTP, a permis de représenter l'en- semble du réseau et de simuler un certain nombre de cas. Des essais en réseau ont permis de vérifier la précision du programme de simu- lation. Dans une deuxième phase, une étude paramétrique a permis d'identifier les facteurs qui déter- minent la variation des niveaux de tension. On a pu analyser ainsi une vaste gamme de situations qui peuvent se produire sur le réseau.

Appareillage électrique, VPR

Fusion intempestive de fusibles causée par la foudre

Nous avons réussi une première dans une station d'essais : en simulant l'apparition de la foudre sur un réseau de distribution, nous avons pu reproduire des cas où le fusible fond inopportunément. Ce phénomène résulte du fait que, au cours de l'absorption des longues impulsions de foudre, la surtension aux bornes du parafoudre provoque une saturation du transformateur et un courant excessif à 60 Hz qui fait fondre le fusible. Cette démonstration, effectuée pour l'ACE, et pour laquelle on a utilisé la source d'essais synthétiques de l'IREQ, pourrait influer sur la coordination de l'isolation et de la protection du matériel électrique.

Appareillage électrique, VPR

Caractérisation des câbles extrudés et des jonctions vieillis en service

Le développement de techniques de caractérisation des câbles extrudés pour le compte de l'EPRI nous a permis d'acquérir une expertise qui est maintenant mise à profit dans l'entreprise, en particulier à la direction Distribution et à la région Richelieu. En effet, une investigation méthodique est en cours sur le comportement diélectrique et physico-chimique de câbles et de jonctions vieillis en service, en vue de diagnostiquer la performance du réseau souterrain de distribution et de suggérer des améliorations s'il y a lieu. À l'automne, nous avons donné un séminaire sur les câbles extrudés à l'intention du personnel technique de distribution de toutes les régions d'Hydro-Québec. Ce séminaire constituait un premier pas dans le transfert des connaissances acquises au cours des dernières années dans le domaine des câbles extrudés.

Câbles et Isolation interne, VPR

L'analyse visco-élastique du polyéthylène utilisé dans les câbles de distribution est une des techniques de caractérisation permettant de diagnostiquer leur degré de vieillissement.

Étude des caractéristiques électriques des conducteurs

Des essais ont été réalisés pour la région Richelieu afin de déterminer les caractéristiques électriques de conducteurs en aluminium acier (ACSR) et en cuivre utilisés dans le réseau de distribution, en fonction du courant, de la température du conducteur ainsi que de sa tension mécanique. Les résultats serviront à développer un logiciel permettant de calculer l'impédance de ces conducteurs sous diverses conditions atmosphériques et différentes conditions d'exploitation du réseau. Le développement de ce logiciel sera mis au point par le service Distribution et Projets de la région Richelieu et diffusé par la suite aux autres régions. Cela permettra d'économiser le temps de recherche, d'uniformiser les calculs

effectués périodiquement dans chacune des régions et au siège social et, enfin, d'éviter les erreurs inhérentes aux calculs manuels.

Lignes aériennes et Isolation externe, VPR

Gestion thermique des canalisations multitubulaires

L'analyse de l'effet thermique des charges cycliques dans les canalisations multitubulaires continue d'être une préoccupation importante en raison de l'impact de cet effet sur la gestion des réseaux de distribution. Les mesures expérimentales que nous avons effectuées sur une maquette grandeur nature ont confirmé que, dans certaines conditions, un modèle en régime permanent permet de définir ces charges. Nous avons utilisé ce modèle de façon plus intensive comme outil de gestion du réseau. Nous l'avons aussi amélioré : on peut maintenant y ajouter une banque de données relative aux câbles, tenir compte des courants de neutre dans le cas de charges déséquilibrées entre phases et, enfin, intégrer la variation de résistance des conducteurs en fonction de la température. Ces études ont été faites pour les régions Richelieu et Saint-Laurent.

Câbles et Isolation interne, VPR

Connecteurs cuivre-aluminium

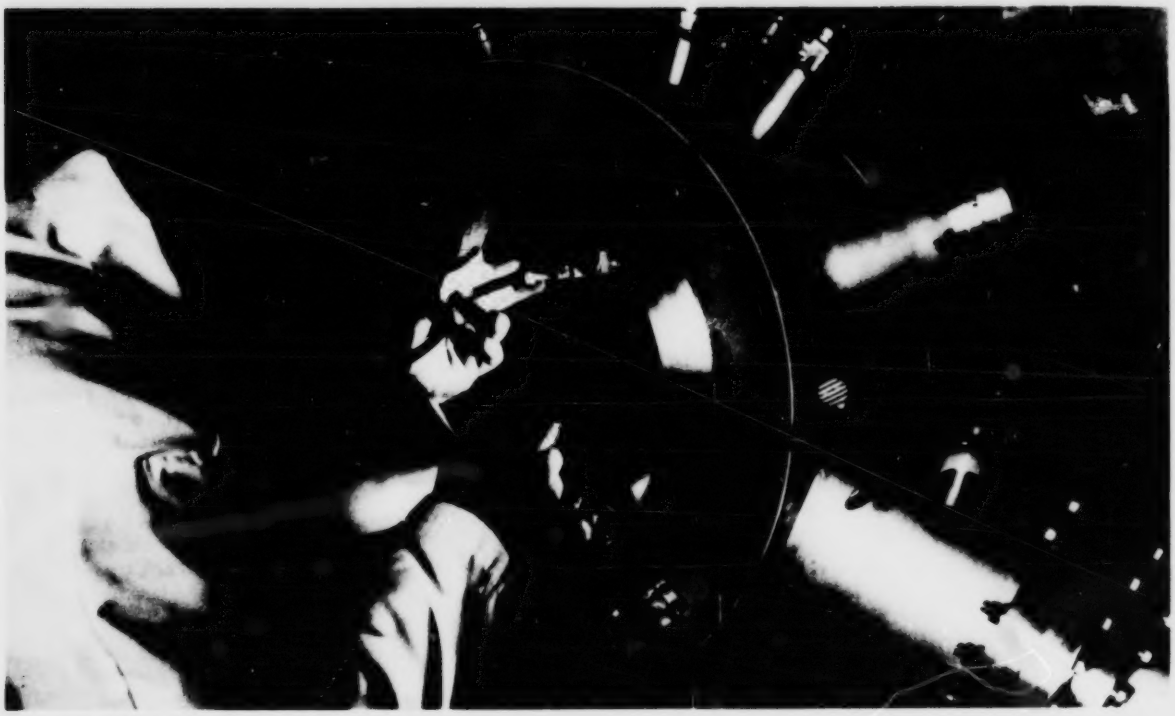
À la suite des travaux réalisés sur le vieillissement des connecteurs d'aluminium à forts courants admissibles, des études ont été entreprises pour évaluer le comportement des surfaces de métaux différents, principalement les contacts cuivre-aluminium, souvent utilisés dans l'entreprise. Des essais cycliques thermiques et électriques sont en cours selon une méthode développée à l'IREQ, et qui accélère les mécanismes de dégradation de ces contacts. Des surfaces types ont aussi été analysées ; les travaux en cours, effectués pour la direction Distribution, serviront à valider la conception des connecteurs utilisés sur le réseau.

Métallurgie et Technologie des matériaux, VPR

Télécommande en lignes

Le prototype de laboratoire d'une deuxième génération de postes satellites était disponible à la fin de 1985. Au cours de 1986, nous avons apporté des modifications aux circuits électroniques du prototype et nous avons procédé à l'intégration de logiciels, notamment celui nécessaire aux communications. Ces efforts ont rendu le prototype très souple en ce qui concerne le nombre de points de contrôle et les modes de communications disponibles. L'année prochaine, nous allons réaliser les travaux de conception finale de la partie mécanique et les essais de communication, dans un réseau multipoints avec trois unités de préséries. Ces travaux auront lieu au cours de l'étape finale du transfert technologique à une entreprise québécoise.

Automatismes, Mesures et Communications, VPR



On effectue des recherches sur l'application des métaux amorphes à la fabrication de nouveaux transformateurs.

Transformateurs en acier amorphe : une technologie d'avant-garde prometteuse

Les remarquables propriétés magnétiques, mécaniques et chimiques des métaux amorphes rendent ces derniers très attrayants pour l'industrie. Une stratégie de développement et d'application de ces métaux a démontré que leur utilisation dans la fabrication de transformateurs de distribution constituait un domaine fort intéressant. En plus de réduire les pertes dans le fer par un facteur de 4, ces métaux assurent un plus grand respect de l'environnement. Des prototypes de 50 et de 100 kVA ont permis de valider la conception brevetée des chercheurs de l'IREQ.

Métallurgie et Technologie des matériaux, VPR

Robotisation de l'entretien

Les travaux réalisés en 1986 sur les techniques de robotisation de l'entretien des réseaux de distribution ont porté sur les points suivants :

- la mise au point de programmes robots, d'outils et de capteurs pour l'installation et l'enlèvement en laboratoire des fils d'attache des isolateurs sur une ligne de distribution ;

- développement d'un algorithme
  e vision artificielle pour localiser
  robot par rapport à l'extrémité
  'une traverse ;
- n projet de maîtrise concernant
  n système expert pour la coordi-
  ation des manipulations robo-
  isées, surtout en cas d'erreur.

De plus, on a entrepris le développement d'une fléchette robotisée et d'autres algorithmes de vision, notamment pour localiser les fils d'attache ainsi que les isolateurs.

Automatismes, Mesures et Communications, VPR

Groupe transformateur-redresseur pour le transport en commun

Le laboratoire Grande puissance a réalisé de nombreux essais sur des équipements destinés aux réseaux à moyenne et à basse tension, et notamment sur du matériel électrique utilisé dans le transport en commun. Par exemple, à la demande d'un client américain, des essais de tenue au court-circuit ont été effectués sur un groupe transformateur-redresseur de 3 000 kW, 750 V c.c. La puissance nécessaire à l'essai était de 750 MVA à une tension de 19,8 kV.

Laboratoire Grande puissance, VPL

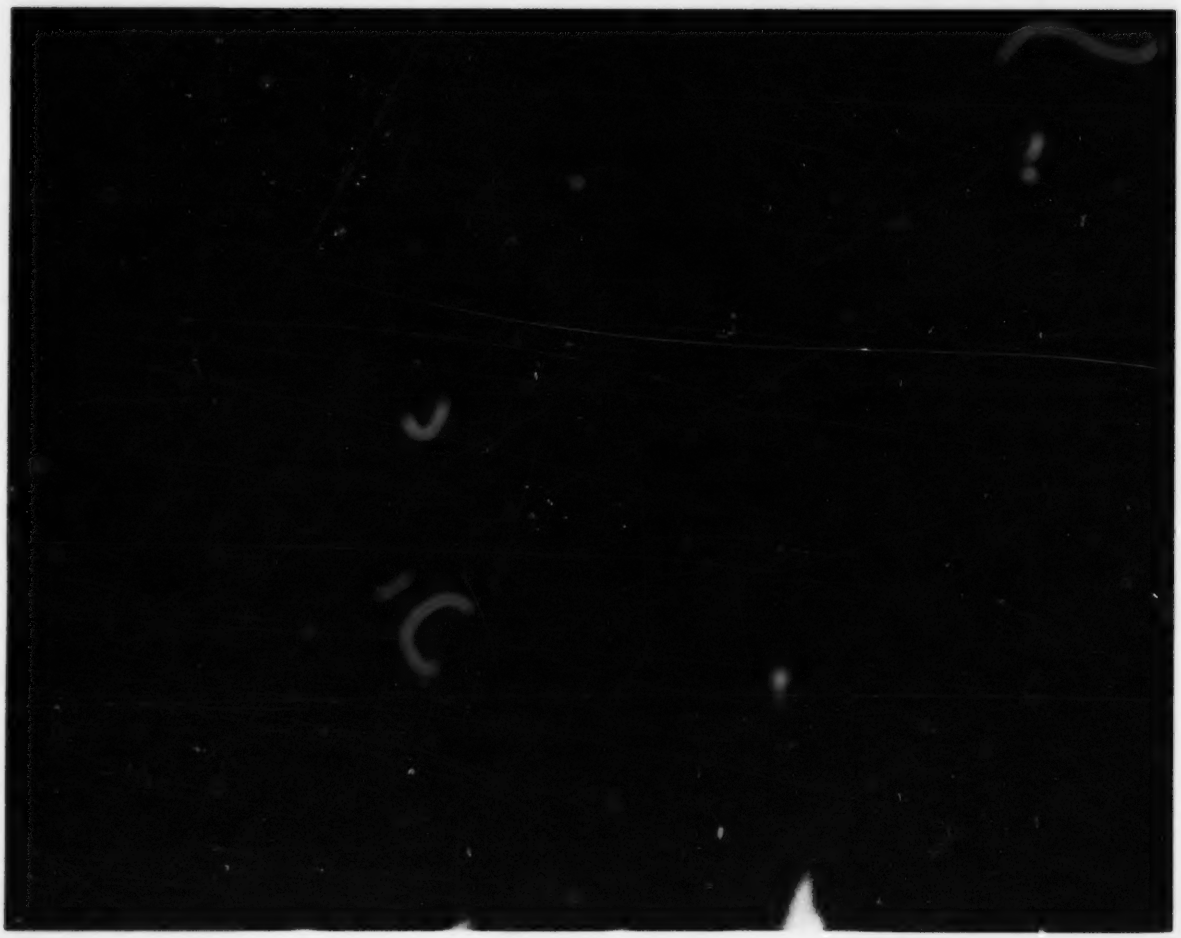
La robotisation de certaines tâches d'entretien sur des lignes de distribution est en cours ; par exemple, le remplacement des fils d'attaches d'isolateurs.

APPLICATIONS INDUSTRIELLES DE L'ÉLECTRICITÉ

L'électricité se révèle être une source d'énergie qui peut remplacer avantageusement les combustibles fossiles. Elle offre aussi d'autres atouts : réduction des rejets, amélioration de la qualité des produits et des conditions de travail, respect de l'environnement.

Ainsi, nous poursuivons activement des recherches sur les électrotechnologies. Des efforts particuliers ont été consacrés aux procédés faisant appel au rayonnement infrarouge, aux résistances à haute densité de puissance, aux sources à hautes fréquences, aux plasmas, à l'électrolyse de l'eau et à l'électrolyte polymérique pour les accumulateurs. Un nouveau laboratoire spécialisé dans ce domaine a été construit.

les travaux sur le séchage de matériaux par rayonnement infrarouge ont débouché sur la réalisation de projets industriels tel le séchoir de 1,2 MW de la compagnie Cascades inc. et sur des projets pilotes en usine.



Séchage par infrarouge

Des travaux de laboratoire ntensifs ainsi que des mesures sur lace ont permis de maîtriser les aramètres fonctionnels qui ré- issent le séchage par infrarouge, otamment la nature et les carac- éristiques des sources IR, leur néthode de réglage, leur disposi- ion en fonction de la ventilation et, bien sûr, le niveau de puissance acceptable selon l'humidité des matériaux.

Ces études sont essentielles à la réalisation de projets industriels, dont certains ont vu le jour cette année, comme le séchoir de la compagnie Cascades inc. de Kingsey-Falls. Il s'agit d'un four d'une puissance de 1,2 MW pour le séchage de cartons à œufs faits de pâte moulée. De plus, des résultats très prometteurs ont été obtenus pour des matériaux poreux dont l'épaisseur va jusqu'à 13 mm. Cela ouvre la voie à de nouveaux concepts de fours de séchage compacts, performants (au-delà de 70 % de rendement) et dont les coûts sont concurrentiels. Ces fours sont mis au point de concert avec les constructeurs.

Électrotechnologies industrielles, VPIT

Résistances à haute densité de puissance

Un nouveau concept innovateur d'éléments chauffants a été élaboré pour le chauffage des fluides. Il permet d'augmenter considérablement la densité volumétrique de puissance par rapport aux éléments tubulaires et en spirale. Ce type de résistances, baptisées « éléments poreux », est simple et sa fabrication est peu coûteuse grâce à l'utilisation de feuilles métalliques perforées. Ces éléments poreux amènent une réduction du volume de chauffe, du temps de réchauffage et du coût de fabrication. Ils ont aussi l'avantage d'être robustes. Un prototype de quelques dizaines de kilowatts a permis de valider le concept et un autre de 200 kW sera installé au début de 1987 pour des essais en laboratoire et dans l'industrie. Des recherches se poursuivront afin d'améliorer davantage les performances fluidiques, tout en réduisant le coût de fabrication.

Électrotechnologies industrielles, VPIT

Source à hautes fréquences pour un système de chauffage

Une source d'alimentation à courant alternatif (20 kW, 20 kHz), pour le chauffage à induction, a été mise au point en concertation avec un éventuel utilisateur de ce procédé industriel de séchage dans le domaine des pâtes et papiers. Il est intéressant de souligner que pour réaliser les circuits, nous n'avons utilisé que des semi-conducteurs dont la fiabilité est éprouvée et qui sont disponibles sur le marché. Trois exemplaires de cette source ont été fabriqués et ont subi avec succès des essais dans une installation industrielle.

Électrotechnologies industrielles, VPIT

Essais en laboratoire d'un dispositif de chauffage par résistances à haute densité de puissance.

Séchage et chauffage d'agrégats

Une campagne de mesures intensive a été effectuée sur un four pilote de séchage rotatif pour caractériser le séchage et le chauffage d'agrégats destinés à la fabrication de bétons bitumineux ainsi que la faisabilité de la désagrégation thermomécanique de plaques d'asphalte destinées à être recyclées. Parmi les modes de chauffage de l'air retenus dans le cadre de ces essais comparatifs, il faut mentionner les résistances électriques avec ou sans recirculation d'air. Ces essais, qui s'inscrivent dans un des programmes de la direction Marchés internes, ont été réalisés avec la collaboration de la société Les Constructions Désourdy inc. et du Centre de recherche et de contrôle appliqué à la construction (CRCAC). Ils devraient déboucher sur une installation pilote de production en 1987.

Électrotechnologies industrielles, VPIT

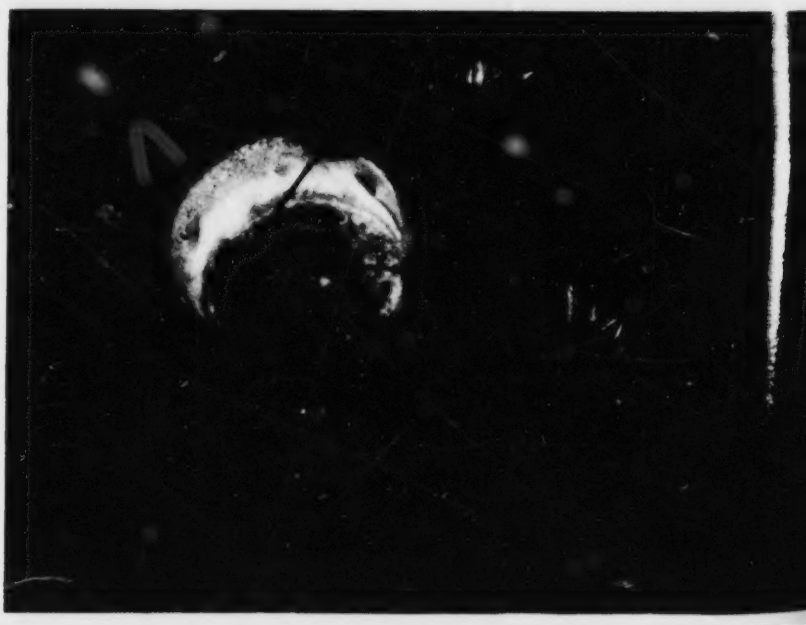
Essais systématiques du four PLASMACAN*

Le four PLASMACAN* possède deux avantages importants : c'est un réacteur à arc transféré, et il permet d'utiliser une matière première sous forme pulvérulente. La poudre à traiter est projetée contre la paroi intérieure d'un manchon qui entoure l'arc, où elle est chauffée et fond. Le film ruisselant de matière ainsi produit protège les parois du manchon et celles du four contre les rayonnements de l'arc. Nous avons réalisé des études systématiques du transport des poudres, de leur injection dans le manchon et de la formation du film ruisselant. Les mesures effectuées au cours de ces études nous ont amenés à modifier de façon importante la géométrie du manchon puisque c'est elle qui détermine la trajectoire des poudres. Quant aux caractéristiques du film ruisselant, elles ont été déterminées en fonction des paramètres de la décharge, de la nature des poudres, de leur vitesse d'injection et de la géométrie du manchon. Les études ont porté principalement sur les poudres suivantes : oxyde de fer, silice, poussière de four à arc. Ces études sont fondamentales pour réaliser, avec les intervenants industriels, un projet pilote de traitement des poussières.

*Marque déposée

Plasmas industriels, VPIT

Un four à plasma est utilisé pour faire fondre des rejets d'aluminium.



Séchage pneumatique ultra-rapide utilisant un plasma de vapeur d'eau

Un modèle mathématique a été développé pour définir les paramètres géométriques d'une tour de séchage de poudres qui utilise de la vapeur d'eau surchauffée. Les calculs démontrent que, pour une même capacité de séchage, l'augmentation de la température de la vapeur entraîne une réduction considérable de la taille de l'équipement. Ces deux facteurs, température élevée et équipement de taille réduite, laissent croire qu'il serait avantageux d'utiliser une torche à plasma comme source principale d'énergie dans ce type d'application. La vapeur produite par le procédé peut être utilisée pour des besoins de chauffage, ce qui permet de réaliser des économies appréciables d'énergie.

Plasmas industriels, VPIT

Usine expérimentale d'électrolyse de l'eau

Trois nouvelles cellules d'électrolyse de l'eau ont été mises en place en vue d'en faire l'essai. Ces travaux font partie de l'entente avec la société Électrolyser inc. Les cellules seront livrées ultérieurement à Bécancour, dans le cadre de la mise sur pied de l'usine de production d'hydrogène liquide (projet HydrogenAL, réalisé par Air Liquide Canada ltée et Hydro-Québec). Les modifications les plus récentes obtenues depuis 1982 grâce au fonctionnement de l'usine d'électrolyse de l'IREQ ont été incorporées à ces cellules.

Électrotechnologies industrielles, VPIT

Essais de cellules d'électrolyse de l'eau destinées à l'usine de production d'hydrogène liquide d'HydrogenAL à Bécancour.

Accumulateurs à électrolyte polymérique (ACEP)

Nous avons complété les travaux de prédéveloppement sur les ACEP. Les études ont porté sur la caractérisation des prototypes de laboratoire réalisés en 1985. Des progrès remarquables ont été enregistrés en ce qui a trait aux performances électrochimiques des cellules de laboratoire, particulièrement à des températures inférieures à 25 °C. Ces progrès ont été possibles grâce à l'utilisation de nouveaux matériaux. Par ailleurs, nous avons effectué des études sur des configurations d'accumulateurs pour certains marchés, et nous avons exploré des avenues originales pour la fabrication de lithium très mince (5 à 20 microns).

Chimie des matériaux, VPR

TECHNIQUES D'ESSAIS, APPAREILS DE MESURE ET ACQUISITION DE DONNÉES

Dans la poursuite de leurs travaux de recherche et développement, les équipes de l'IREQ ont mis au point différentes techniques d'essais, de nouveaux appareils de mesure ainsi que des systèmes d'acquisition de données.

Les efforts ont porté notamment sur les essais d'isolateurs pollués, la mesure du courant post-arc des disjoncteurs HT, et la mise au point d'un dosimètre pour mesurer les champs électriques, magnétiques et électromagnétiques.

Par ailleurs, nous avons aussi mis au point des systèmes d'acquisition et de traitement des données dans des domaines variés tels les essais d'échauffement de l'équipement électrique, les vibrations de la ligne expérimentale des Îles-de-la-Madeleine, la simulation analogique de réseaux et l'analyse spectrale numérique.

L'IREQ a mis au point un dosimètre pour mesurer les champs électriques, magnétiques et électromagnétiques auxquels sont exposés les humains.

Essais des isolateurs pollués sous brouillard propre

Dans le cadre de la CIGRÉ, un groupe de travail a été formé sous la direction de l'IREQ pour établir les modalités et les paramètres appropriés aux essais sous brouillard propre. Ces essais avaient pour but de mesurer la performance sous courant alternatif des isolateurs pollués. En collaboration avec le groupe de travail sur les isolateurs pollués de l'IEEE, l'équipe a réalisé un programme de recherche auquel ont participé neuf laboratoires dans le monde. Les écarts types mesurés, pour les tensions moyennes de contournement des isolateurs soumis aux essais, variaient de 2 à 6 % entre les divers laboratoires. Les résultats de ces études ont d'ailleurs fait l'objet d'une publication de l'IEEE et ils seront incorporés aux normes CEI et IEEE.

Nous avons apporté une contribution importante au développement de cette technique d'essai. Ainsi, en utilisant une variation systématique de la tension au cours d'un essai, notre équipe a réussi à mesurer un certain nombre de valeurs pour la tension moyenne de contournement pendant la période critique de mouillage de l'isolateur. Cela permet non seulement de réduire le nombre d'essais nécessaires pour établir la tension moyenne de contournement avec un niveau de certitude donnée de 70 à 90 %, mais aussi de diminuer de façon importante le coût habituellement très élevé des essais des grands isolateurs.

Lignes aériennes et Isolation externe, VPR

L'IREQ a dirigé une équipe de travail regroupant neuf laboratoires dans le monde afin d'établir les modalités et les paramètres appropriés aux essais sous brouillard propre.

Développement d'une technologie post-arc

Nous avons établi une première mondiale à l'aide d'une nouvelle installation prototype de recherche. En effet, en utilisant la mesure du courant post-arc au moment d'interruptions par des disjoncteurs modernes à haute tension, nous avons pu déterminer le pouvoir de coupure limite de ces appareils. L'installation a nécessité le développement d'un système de mesure original qui utilise les techniques de transmission par fibres optiques. Un traitement informatisé permet d'extraire le courant post-arc résistif à partir des signaux de courant post-arc, de tension d'arc et de tension de rétablissement. Ce courant post-arc résistif sert à créer un modèle de l'arc électrique qui est représenté par une résistance fortement non linéaire. Cette technologie permet aussi d'améliorer les appareils en y ajoutant des composantes électriques. Elle intéressera une clientèle qui cherche de nouveaux appareils plus performants.

Appareillage électrique, VPR

Mise au point d'un dosimètre

En collaboration étroite avec la direction Environnement, nous avons pu mettre au point un dosimètre destiné à la mesure des champs électriques, magnétiques et électromagnétiques auxquels sont exposés les humains. Ces travaux sont exécutés dans le cadre de recherches sur les effets biologiques de l'environnement électromagnétique. On prévoit utiliser l'appareil dans les travaux de dosimétrie d'une étude épidémiologique commandée par le gouvernement du Québec et qui portera sur la santé des travailleurs de l'électricité.

L'appareil possède une mémoire de 64 K et fonctionne de manière active pendant 18 jours au moyen d'une pile alcaline de 9 V. Il se met lui-même hors circuit après cette période, mais il préserve indéfiniment les données. Celles-ci sont ensuite extraites, traitées statistiquement et présentées par un ordinateur personnel. À chaque minute, l'appareil mesure le champ électrique, trois composantes du champ magnétique et l'interférence électromagnétique (bande de 5 à 20 MHz), sur une plage dynamique de 84 dB. Le prototype mesure 2 cm × 7,5 cm × 12 cm et pèse 200 g. Nous espérons toutefois réduire légèrement ses dimensions et son poids.

Lignes aériennes et Isolation externe, VPR

Enregistrement numérique des chocs aux bornes de neutre des transformateurs

Nous avons mis au point une technique numérique d'enregistrement des chocs de tension et de courant aux bornes de neutre des transformateurs de puissance. Nous avons aussi développé un logiciel qui calcule l'admittance du transformateur à l'essai et la présente sous forme de fonction de transfert dans le domaine de la fréquence. Si l'on compare les fonctions de transfert obtenues à pleine tension d'essai et à tension réduite, on peut identifier les contournements locaux de l'isolement du transformateur et les distinguer des décharges partielles.

L'analyseur numérique de chocs, ainsi que le logiciel, est en service au laboratoire Haute tension depuis trois ans. En 1986, la firme Biddle Instruments de Pennsylvanie, qui a obtenu la licence de fabrication, a mis ce produit sur le marché.

Techniques de mesure et Informatique scientifique, VPL

Logiciel d'essais d'échauffement de l'équipement électrique

Nous avons concentré nos efforts sur un logiciel permettant à la fois la commande et l'acquisition de données au moyen d'une mini-station de travail. En plus de nombreuses options de commande (arrêt-départ, fonctionnement, protections de surintensité et de température, etc.), ce logiciel offre également une gamme de possibilités relatives à l'acquisition : températures, déplacements, pressions, etc. Ces données peuvent être traitées pour des calculs, de l'affichage graphique, des courbes ou d'autres utilisations.

Laboratoire Grande puissance, VPL

Acquisition et traitement de signaux sur IBM-AT et XENIX

Ce système, constitué d'un ordinateur IBM-AT et du logiciel XENIX, permet, à un coût minimal, d'acquérir 80 signaux. L'échantillonnage et la conversion analogique-numérique sont effectués en mode multiplex, tandis qu'un taux d'acquisition combiné de 16 000 données par seconde est possible en mode multi-usagers et multitâches.

Non seulement le logiciel :ENIX assure une grande compa-ibilité avec les logiciels existants ous UNIX, mais le mode multi-âches offre la possibilité de visua-iser et de traiter les données n même temps que se fait 'acquisition.

Ce système est actuellement exploité pour l'acquisition et le traitement des signaux dans le cadre des études de vibrations effectuées sur la ligne expérimentale des Îles-de-la-Madeleine.

Techniques de mesure et Informatique scientifique, VPL

Acquisition de données haute performance sous UNIX

Ce système consiste en quatre unités d'acquisition de données PRESTON qui offrent la possibilité l'interconnecter jusqu'à 64 canaux ar unité à entrée différentielle de ±10 V (32 canaux sont actuelle-nent configurés). Chaque unité eut fonctionner indépendam-nent des autres à un taux d'un nillion d'échantillons par seconde. e taux combiné est donc de quatre millions de données de 16 bits qui entrent en mémoire de l'ordinateur par seconde. L'origina-lité de ce système, outre sa perfor-mance, est qu'il fonctionne sous le logiciel d'exploitation UNIX, le logiciel de commande des unités d'acquisition ayant été développé à l'IREQ. Le système est surtout utilisé pour la simulation analogique de réseaux électriques.

Techniques de mesure et Informatique scientifique, VPL

Traitement de signaux à partir d'un langage interactif

Un grand nombre de fonctions mathématiques, statistiques et d'affichage graphique peuvent être exécutées de façon interactive sur les signaux acquis ou produits ainsi que sur les résultats. Le principal critère dont nous avons tenu compte au cours du développement de ce système a été la souplesse d'exploitation. Il est ainsi plus facile de traiter l'information en vue de la production de publications techniques et de rapports. Nous avons dû aussi concevoir un logiciel de gestion de bases de données de type scientifique, un logiciel de gestion de la saisie sur écran et enfin un langage interprété permettant le contrôle interactif des fonctions de traitement et de visualisation.

Techniques de mesure et Informatique scientifique, VPL

Analyseur spectral numérique sur ordinateur SUN

Ce logiciel exécute les fonctions usuelles des différents analyseurs spectraux existant sur le marché, telles les fonctions de corrélation, de cohérence, de calcul d'impédance, de spectre croisé, d'analyse harmonique, etc. Le système est toutefois original en ce qu'il n'est pas limité à ces seules fonctions. Il ne s'agit pas d'un système spécialisé. De plus, il a été conçu de manière à être évolutif et à s'intégrer avec les systèmes de traitement de signaux existants à l'IREQ. La sélection des opérations à effectuer se fait à l'aide de menus faciles à utiliser et cette sélection peut être mémorisée. Un préprocesseur permet de conditionner les signaux : filtrage, réduction de la fréquence d'échantillonnage, opérations mathématiques simples, etc.

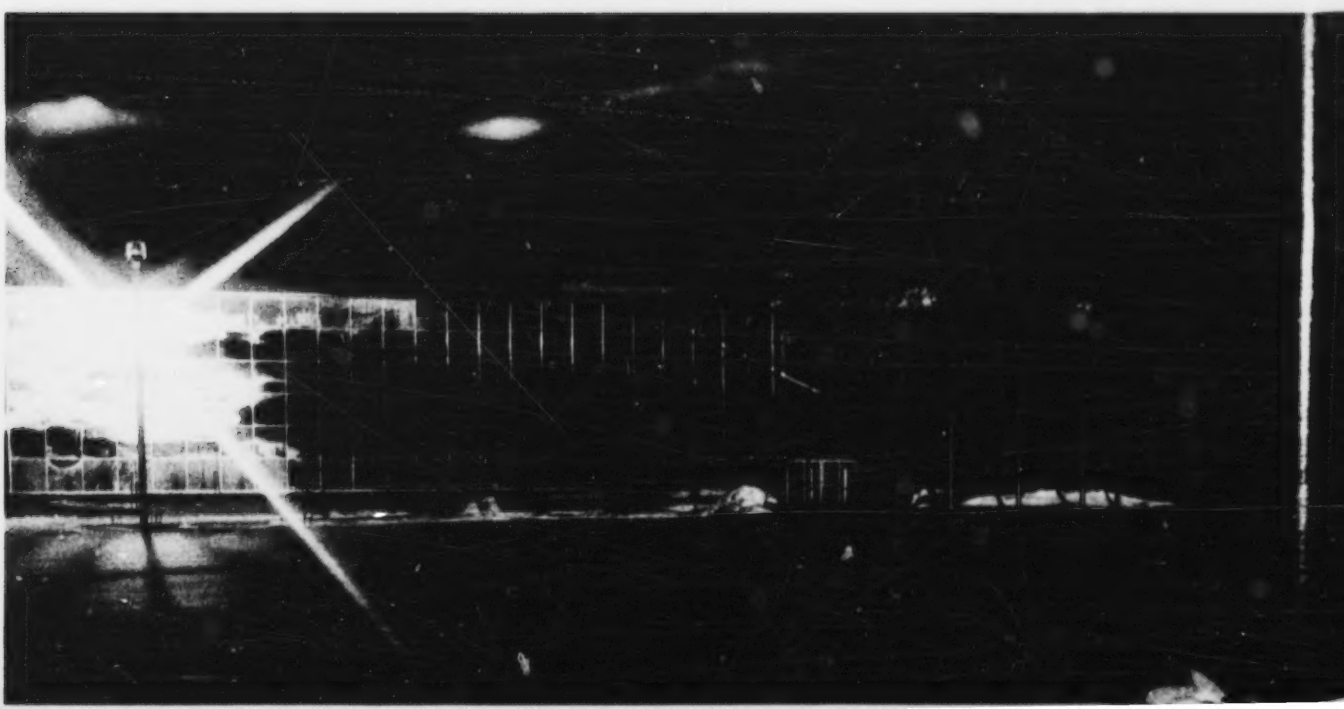
Techniques de mesure et Informatique scientifique, VPL

En 1986, l'IREQ a mis sur pied de nouvelles installations et a fait l'acquisition de nouveaux équipements de recherche et d'essais.

On a terminé la construction du Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTEE), à Shawinigan, tandis que Bell Canada achevait la construction d'un centre d'étude et d'essais sur les terrains de l'IREQ.

Quant aux équipements, citons notamment le super mini-ordinateur Gould PN9080, le système automatisé de diffraction des rayons X, l'analyseur d'images et le réseau de postes de travail sur ETHERNET.

Le Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTEE), à Shawinigan.



Parachèvement du LTEE

La construction et l'aménagement du nouveau Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (LTEE), situé à Shawinigan, en Mauricie, ont été complétés en 1986.

Le LTEE est un laboratoire à vocation industrielle. Il met ses spécialistes et ses installations d'essais au service des entreprises canadiennes, en particulier celles des secteurs des pâtes et papiers, des mines, de la métallurgie, des textiles, de l'agro-alimentaire et de la chimie. Il permet de valider des concepts et de faire la mise au point et la démonstration de procédés et de techniques qui utilisent l'électricité. Les domaines d'activités du laboratoire sont : l'hydrogène, les procédés électrométallurgiques et électrochimiques, la mise au point et l'évaluation d'accumulateurs et l'électrolyse. Les autres activités qu'il poursuivra sont le séchage et le chauffage de matières premières ou de produits finis par résistances, par induction, par infrarouges, par hautes fréquences ou par micro-ondes. Il traitera aussi des applications des pompes à chaleur et des plasmas.

Pour mener à bien ses travaux de développement et de démonstration et ses projets pilotes, ainsi que les travaux entrepris pour l'industrie, le LTEE comptera 35 employés en 1987 et 50 d'ici la fin de 1988. Des ingénieurs, chercheurs et techniciens au nombre de 40 constitueront le noyau central. Dix personnes assureront les services administratifs et de soutien.

Le laboratoire a une superficie de plus de 4 000 m² et comprend notamment un hall d'essais intérieur de 620 m², une aire d'essais extérieure de 300 m² et une salle anhydre de 50 m².

Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies, VPIT

Centre d'études et d'essais de Bell Canada

Un centre d'études et d'essais sur les réseaux extérieurs a été construit par Bell Canada sur les terrains de l'IREQ à Varennes, dans le cadre d'une entente sur la recherche et le développement signée entre Hydro-Québec et cette société.

L'édifice a une superficie de 500 m² et sert à la réalisation de projets visant à caractériser les composants de réseau, à mieux connaître leurs mécanismes de vieillissement et de détérioration, et à développer de nouveaux équipements et de nouvelles méthodes de construction.

Sur le site, des sections de lignes aériennes et des canalisations multitubulaires permettent d'étudier les problèmes mécaniques inhérents à la gestion d'un réseau : enfouissement et suspension des câbles, pose et essai de

Bell Canada a construit sur les terrains de l'IREQ un centre de recherche et d'essais sur les réseaux extérieurs

divers types de poteaux, choix de matériaux pour puits d'accès, effets de la corrosion ou du gel sur les matériaux et les pièces d'équipement.

Installation d'un super mini-ordinateur Gould PN9080

Cet ordinateur, relié au réseau local ETHERNET, constitue le principal appareil de traitement du Centre de calcul de l'IREQ, en plus d'être utilisé pour l'acquisition et le traitement de signaux provenant des simulateurs analogiques de réseaux.

Ce nouveau système doit remplacer deux ordinateurs Gould déjà en place. Des projets de conversion ont été entrepris afin de transférer les applications et les données existantes au nouveau système. Ce travail doit se poursuivre jusqu'à la fin du premier trimestre de l'année 1987.

L'ordinateur comporte un logiciel d'exploitation UNIX qui fonctionne à une vitesse d'exécution de 10 Mips (millions d'instructions par seconde) avec 16 mégaoctets de mémoire réelle et une architecture à mémoire virtuelle.

Techniques de mesure et Informatique scientifique, VPL

Automatisation des simulateurs de réseaux à très haute tension

Des systèmes d'automatisation ont été mis en service pour augmenter l'efficacité des simulateurs à c.a. et à c.c., faciliter leur exploitation et permettre l'exécution simultanée de plusieurs études.

Chaque système d'automatisation comprend plusieurs ordinateurs de surveillance pour les sectionneurs, les disjoncteurs, les résistances d'insertion, les sources triphasées et les systèmes de mesure. Il comprend aussi un ordinateur de coordination qui commande les ordinateurs de surveillance et l'ordinateur principal dans le but d'effectuer les opérations nécessaires durant les études sur les simulateurs. L'ordinateur principal, lui, fait la gestion des bases de données et effectue l'acquisition et l'analyse des données.

Un logiciel de commande a aussi été mis au point pour permettre d'établir les configurations du réseau, simuler les séquences de manœuvre, et effectuer l'acquisition et l'analyse des données.

Centre d'études et de simulation de réseaux, VPL

Système automatisé de diffraction des rayons X

Dans le cadre de la modernisation du laboratoire de caractérisation des matériaux, deux appareils à rayons X entièrement automatisés ont été reliés à un ordinateur central pour le traitement des données. Ces appareils permettent d'analyser les matériaux cristallins et certains matériaux amorphes. Parmi les analyses, citons entre autres : l'identification des phases organiques et inorganiques, l'analyse quantitative des phases, l'indexation des réflexions et le calcul des paramètres du réseau, l'analyse des contraintes résiduelles, l'analyse de la grosseur des grains, la caractérisation des structures amorphes, etc.

Métallurgie et Technologie des matériaux, VPR

Analyseur d'images

L'acquisition récente d'un analyseur nous permet, à partir d'une image, d'effectuer une analyse morphologique. Lorsqu'il est relié directement au microscope électronique à balayage, l'appareil nous permet d'effectuer aussi des analyses chimiques. Les possibilités sont nombreuses : mesure des dimensions des particules, rayon de gyration, périmètre, paramètre de linéarité et sphéricité, orientation, distance entre particules, reconstruction de grains, transformée de Fourier d'images, etc.

Métallurgie et Technologie des matériaux, VPR

Dispositif d'hypertrempe sur roue

Nous avons conçu et réalisé dans nos laboratoires un appareil de fabrication de rubans métalliques amorphes. La fusion se fait sous vide ou sous pression réduite d'argon. La pression d'éjection du métal en fusion, la température du bain de fusion ainsi que la vitesse de rotation de la roue peuvent toutes être réglées. Les dimensions typiques des rubans produits sont de 35 μm d'épaisseur, 3 mm de largeur et plusieurs mètres de longueur.

Métallurgie et Technologie des matériaux, VPR

Réseau de postes de travail sur ETHERNET

L'année 1986 a connu une progression fulgurante quant au nombre de postes de travail reliés au réseau local ETHERNET. Ce taux de progression était anticipé à cause de la grande souplesse qu'offre cette nouvelle architecture qui distribue le traitement dans les laboratoires et dans les bureaux des chercheurs. Exprimé en chiffres, cela signifie qu'au-delà de 100 stations sont reliées au réseau. Un tiers de ce nombre est constitué de postes de travail SUN.

La caractéristique principale du réseau ETHERNET, outre sa vitesse de transmission et son haut degré de compatibilité, est le fait qu'il met à la disposition des usagers des serveurs de fichiers SUN et des serveurs d'impression de haute qualité (imprimante au laser haut de gamme).

Techniques de mesure et Informatique scientifique, VPL

Table de vibration horizontale

Il s'agit d'une table en magnésium à coussinets hydrostatiques qui présente une surface de travail de 1 m^2. Elle est pourvue de 36 points d'ancrage pour les échantillons. Couplée à un excitateur électrohydraulique asservi, elle permet de soumettre des structures d'un poids s'élevant jusqu'à 4 000 kg à des vibrations horizontales d'une amplitude égale à 6,5 cm et moins, tel qu'il est stipulé dans diverses normes de qualification antivibratoire des matériels. La plage de fréquences couverte s'étend de 0 à 500 Hz.

Mécanique, VPR

Cette année encore, les activités de recherche et de développement ont contribué à l'essor économique du Québec.

Les ententes de fabrication conclues avec des entreprises québécoises ont été nombreuses et variées : un système de mesure de l'entrefer des génératrices, des logiciels d'analyse de réseaux, la vente de l'hydrogène produit à l'Institut, des contrats de recherche avec l'ACE, ainsi que plusieurs autres accords.

Le système de mesure de l'entrefer des génératrices, mis au point à l'IREQ, a conduit à la création d'une nouvelle entreprise : Vibro-Meter inc.

Vibro-Meter inc.

Une entreprise de fabrication et de mise en marché d'un système de mesure de l'entrefer des génératrices, mis au point par les chercheurs de l'IREQ, a vu le jour en 1986. Il s'agit de Vibro-Meter inc., créée à parts égales par Nouveler, filiale d'Hydro-Québec, et Vibro-Meter SA de Fribourg, en Suisse. Fondé sur une technologie dite capacitive, le nouveau produit trouvera des applications dans d'autres domaines, notamment l'aéronautique et la machinerie industrielle.

La nouvelle société distribuera en Amérique du Nord des appareils fabriqués par Vibro-Meter SA et destinés à la mesure de la température, du déplacement et des vibrations.

*Les activités décrites dans cette section relèvent du service Bureau d'innovation, vice-présidence Innovation technologique

Cyme inc.

Fondée à la fin de 1985 avec la participation de certains chercheurs de l'IREQ, Cyme inc. s'est graduellement attaquée aux marchés extérieurs par la mise sur pied, aux États-Unis, de Cyme International inc. qui desservira ce marché très important. La Société a poursuivi la mise au point de nouveaux produits et a finalisé la conception de trois programmes. Elle offre maintenant à ses clients une gamme de cinq logiciels d'analyse de réseau pour ordinateurs personnels.

Ententes avec des entreprises

Nous avons conclu des ententes avec diverses entreprises pour des activités de recherche-développement et de fabrication de produits. Signalons une entente avec une société papetière pour la mise au point d'une source d'alimentation à grande puissance et à haute fréquence destinée au séchage du papier, technologie prometteuse dans le domaine.

Par ailleurs, des travaux de mise au point d'un système de chauffage résistif alimenté à 4 000 V ont été réalisés en collaboration avec la société P.M. Wright. De plus, l'IREQ a conclu une entente avec la société Geneq pour la mise en marché d'un détecteur de verglas et d'un détecteur de foudre, produits mis au point dans ses laboratoires. Il a également signé une entente avec Montel pour la fabrication de 30 dispositifs de signalisation à distance de la position des contacts des sectionneurs. On évalue actuellement les performances de ces appareils sur le réseau.

Vente d'hydrogène comprimé

Nous avons conclu une entente avec Air Liquide Canada ltée concernant l'exploitation commerciale de l'hydrogène produit par l'usine expérimentale d'électrolyse située à l'Institut. Air Liquide y assurera l'installation et l'exploitation d'un système de compression et d'épuration du gaz. De plus, elle achètera l'hydrogène produit et se servira d'une partie pour alimenter le laboratoire d'essais de la pile à combustible, adjacent à l'usine.

Contrats avec l'ACE et l'EPRI

Au cours de l'année écoulée, nous avons signé avec l'ACE 15 contrats d'une valeur globale de 2,6 millions de dollars. Par ailleurs, les travaux de recherche pour le compte de l'EPRI se sont poursuivis et ont fait l'objet de nouvelles ententes, notamment dans les domaines des câbles extrudés et de l'isolation électrique.

Vente de logiciels à Singapour

Des logiciels d'analyse de réseaux, conçus par des chercheurs de l'IREQ et utilisés sur ordinateurs PRIME, ont été vendus au Public Utilities Board de Singapour. Ces logiciels servent au calcul du flux de puissance et des courts-circuits ainsi qu'à l'analyse de la stabilité transitoire, des incidents et des harmoniques. Le contrat de vente prévoyait une période de formation.

Brevets

Le bilan des activités du Comité d'évaluation des brevets a permis de constater que, depuis sa création en juin 1984, celui-ci a étudié 41 nouveaux produits d'Hydro-Québec dont 26 ont été brevetés. Le Comité, composé de représentants de chaque groupe de l'entreprise, évalue les produits mis au point par le personnel et fait des recommandations concernant la propriété intellectuelle.

Hydro-Québec, par l'entremise de sa filiale Hydro-Québec International, a continué en 1986 de promouvoir et de commercialiser à l'échelle mondiale son savoir-faire de société exploitante. Elle a mené une action soutenue auprès d'entreprises et d'organismes étrangers.

L'IREQ y a largement contribué grâce à des contrats en Algérie, au Pérou, en Argentine, au Zaïre, en Inde, en Chine et au Mexique. L'Institut a aussi participé aux recherches effectuées par des organismes tels l'EPRI et l'IERE.

Centre de contrôle et d'essais en Algérie

Dans le cadre d'un contrat entre la Société nationale de l'électricité et du gaz d'Algérie (SONELGAZ) et HQI, de nombreux spécialistes de l'IREQ ont participé à la réalisation d'une étude portant sur l'implantation en Algérie d'un centre de contrôle et d'essais de l'équipement électrique et gazier.

Le personnel de l'IREQ a fourni son expertise dans les domaines suivants : matériel électrique et électrotechnique ; laboratoire Haute tension et Grande puissance ; ingénierie des systèmes ; et laboratoires d'analyses chimiques, de métallurgie et de mécanique.

VPR, VPL

Recherches sur les câbles extrudés réalisées pour l'EPRI

Un rapport final a été préparé pour l'EPRI sur la mise au point de techniques analytiques servant à diagnostiquer le vieillissement des câbles extrudés. Plusieurs nouvelles approches ont été proposées pour la caractérisation physicochimique du vieillissement des isolants polymériques. Des recommandations ont été formulées relativement au problème de l'eau et des contaminants dans le comportement à long terme des câbles extrudés.

Par ailleurs, deux nouveaux projets de recherche ont débuté en 1986 pour le même organisme. Le premier porte sur le rôle de l'oxydation dans les arborescences d'eau des câbles extrudés. Des techniques microscopiques de détection infrarouge par transformée de Fourier seront mises à profit pour détecter la présence d'oxydation dans les arborescences, et des études en laboratoire portant sur le vieillissement de matériaux isolants seront réalisées pour évaluer l'importance des phénomènes d'oxydation au cours du vieillissement. Quant au second projet, il traite de l'application d'un modèle de vieillissement des câbles extrudés fondé sur des concepts thermodynamiques. Ce projet servira à prédire l'espérance de vie des câbles dans des conditions réelles d'exploitation, à partir d'essais de vieillissement accéléré effectués en laboratoire.

Câbles et Isolation interne, VPR

Installation d'une ligne expérimentale à haute altitude au Pérou

Une étude a été entreprise, par l'entremise d'HQI et de la société B.G. Checo, relativement à la construction d'un module de ligne expérimentale à haute altitude au Pérou. L'installation sera utilisée en fonction des études de comportement électrique des lignes à haute tension et des vibrations éoliennes des conducteurs ainsi que des essais à haute altitude sur des équipements de transport à haute tension.

Lignes aériennes et Isolation externe, VPR

Groupe de travail de l'IERE sur les effets biologiques des champs électriques et magnétiques

Nous avons participé aux travaux du groupe mis sur pied par l'IERE, et qui avait pour mandat de déterminer les critères d'évaluation des études épidémiologiques traitant des effets des champs électriques et magnétiques. Le groupe de travail était formé de médecins et d'ingénieurs provenant de plusieurs pays.

Lignes aériennes et Isolation externe, VPR

Analyse des vibrations des conducteurs des lignes à 500 kV en Argentine

Ce projet, géré par HQI pour le compte de la société Hidronor d'Argentine, a fait suite à une campagne intensive de mesure des vibrations éoliennes et des oscillations en sous-portée des conducteurs des lignes El Chocon – Ezeiza. Ces mesures ont été relevées à plusieurs endroits et se sont poursuivies pendant trois années consécutives. Pour effectuer l'analyse et l'évaluation des relevés des vibrations, nous nous sommes inspirés de la méthode de calcul de l'endurance des conducteurs suggérée par la CIGRÉ.

Mécanique, VPR

Optimisation du réseau Inga – Shaba (Zaïre)

Dans le cadre d'un contrat d'HQI financé par la Banque mondiale, un membre de l'IREQ et deux ingénieurs du groupe Exploitation se sont rendus au Zaïre en mission d'étude.

Le réseau de la Société nationale d'électricité (SNEL) du Zaïre comprend les centrales d'Inga (1 620 MW) et le réseau de transport qui alimente Kinshasa, la capitale, ainsi que le Bas-Zaïre. Le réseau comprend aussi les centrales du Shaba (460 MW), les lignes qui desservent cette région et ses installations minières, ainsi qu'une ligne à courant continu de ± 500 kV, d'une longueur de 1 700 km, qui relie le Shaba au Bas-Zaïre.

Après avoir effectué un diagnostic et une analyse du fonctionnement des divers composants, l'équipe a formulé des recommandations relatives aux mesures de conservation des ouvrages et aux correctifs qui pourront assurer une meilleure performance de l'ensemble du réseau interconnecté.

Centre d'études et de simulation de réseaux, VPL

Expertise pour une liaison CCHT en Inde

Un projet spécial de recherche et développement, approuvé par la Commission de planification, en Inde, a pour objet de créer dans ce pays une expertise relative à la conception, la fabrication, l'installation et l'exploitation de réseaux CCHT. L'Inde devrait acquérir cette expertise en participant à la construction d'une liaison expérimentale CCHT à ± 200 kV, 400 MW, d'une longueur d'environ 200 km. Pour y parvenir, on entend convertir un circuit à c.a. à 220 kV en circuit à c.c. Les travaux se feront en trois étapes. Au début, la liaison comprendra à la fois des circuits à c.a. et des circuits à c.c.

L'IREQ fournira une aide technique aux ingénieurs du projet. En 1986, cette assistance a porté sur la conception et les essais de l'équipement technique. Elle a aussi porté sur la coordination de l'isolation, les études sur simulateur, les relais spéciaux et les préparatifs avancés relatifs à la mise en exploitation de la liaison à l'été de 1988.

Centre d'études et de simulation de réseaux, VPL

Évaluation d'équipement de simulation de réseau – République populaire de Chine

Un chercheur de l'IREQ a effectué une mission technique en République populaire de Chine. Cette mission faisait suite à une entente entre le gouvernement de ce pays et l'ACDI, HQI ainsi que BCHI. Elle avait pour but, dans un premier temps, d'évaluer les installations de simulation des deux principaux centres de recherche en électricité de Chine : celui de Beijing et celui de Wuhan. Dans un deuxième temps, l'étude devait proposer les améliorations jugées nécessaires.

Comme le réseau chinois de transport d'énergie évolue très rapidement, les deux centres de recherche pourraient être équipés de puissants simulateurs qui permettraient l'analyse du comportement des grands réseaux à courant alternatif et à courant continu. La technologie mise au point à l'IREQ dans ce domaine, tant du point de vue de l'équipement que de celui des logiciels, des commandes et des méthodes d'analyse, a soulevé l'intérêt des spécialistes et des responsables chinois. Des négociations ultérieures porteront sur la possibilité de réaliser un transfert technologique entre les deux pays, et sur les modalités de ce transfert.

Centre d'études et de simulation de réseaux, VPL

Collaboration avec l'Instituto de Investigaciones Electricas (IIE) du Mexique

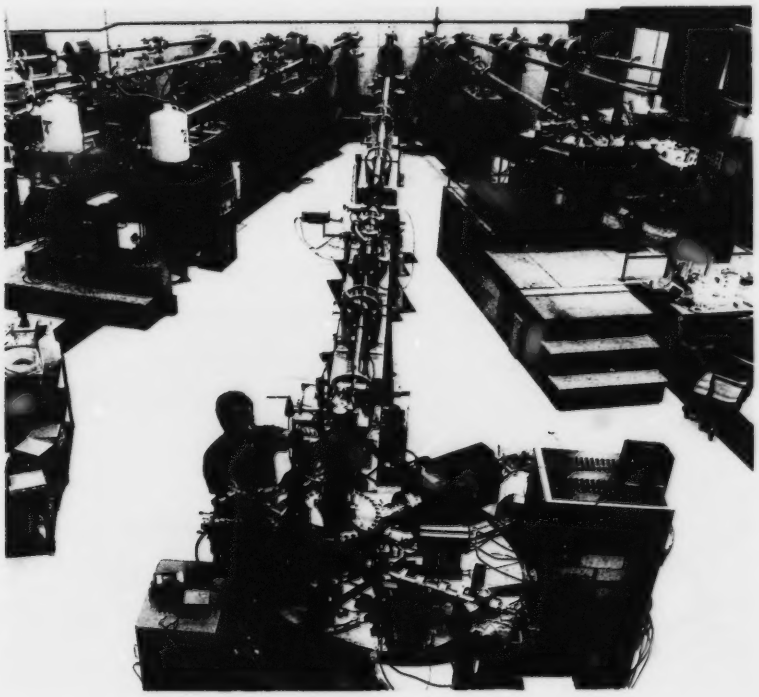
Le contrat de développement d'un circuit synthétique pour des besoins pédagogiques, conclu avec l'IIE du Mexique en 1982, s'est poursuivi cette année. Le travail, réalisé avec l'aide de l'UNIDO, s'est déroulé de façon satisfaisante, de sorte que le circuit installé dans un hall spécialement érigé à Salazar est maintenant terminé ; les derniers ajustements sont en cours pour sa mise en service en 1987.

De plus, deux séminaires ont été organisés à l'IIE. Le premier portait sur les méthodes de mesure dans les laboratoires haute tension et grande puissance, l'autre, sur les disjoncteurs à haute tension.

VPL

L'IREQ s'est joint à plusieurs universités et établissements pour explorer différents domaines. En effet, l'Institut a travaillé en collaboration étroite avec l'université McGill, l'Université de Sherbrooke, l'Université de Montréal, l'École Polytechnique de Montréal et l'INRS-Énergie (Université du Québec).

L'IREQ a aussi travaillé avec des établissements étrangers sur des projets relatifs aux plasmas : les universités d'Orléans et de Nancy, en France ; le MIT des États-Unis ; l'université Saint-Andrews en Écosse et le laboratoire Culham en Grande-Bretagne.



On procède à l'analyse par bombardement protonique de l'isolation des câbles à haute tension, au laboratoire de physique nucléaire de l'Université de Montréal.

Séchage des matériaux en feuille

Le séchage des matériaux est un procédé qui nécessite de grandes quantités d'énergie. Toutefois, il est difficile de simuler ce procédé sur ordinateur. Les modèles mathématiques publiés à ce jour sont fondés sur des données empiriques et ne sont applicables qu'à la seule situation ayant produit ces données. Nous avons donc entrepris un projet conjoint avec le Département de génie chimique de l'université McGill, dans le cadre d'une thèse de doctorat, pour mettre au point un outil d'analyse sous forme d'un modèle de simulation général. Ce modèle permettra d'analyser concurremment différentes méthodes de séchage et d'injection d'énergie dans le matériau à sécher, par exemple par convection, par rayonnement infrarouge, par micro-ondes, etc.

Électrotechnologies industrielles, VPIT

Travaux en électrotechnologies – Université de Sherbrooke

Un banc d'essais de séchage par infrarouge des textiles a été installé et mis en service au Département de génie chimique, bloc du génie textile, à l'Université de Sherbrooke. Il permet de traiter en continu des laizes de 40 cm de largeur à des vitesses de 1 à 16 m/min. Les sources IR sont interchangeables et couvrent les spectres de l'IR court à l'IR moyen, pour des puissances allant jusqu'à 20 kW. Ce banc permettra de réaliser les travaux d'électrification des procédés industriels des nombreuses entreprises textiles de l'Estrie.

Électrotechnologies industrielles, VPIT

Caractérisation des isolants par bombardement protonique

Lorsqu'on soumet un échantillon d'isolant à un bombardement de protons de haute énergie, le matériau émet des rayons X caractéristiques qui permettent d'identifier les éléments qui constituent ce matériau ou les impuretés qu'il contient. En collaboration avec le laboratoire de physique nucléaire de l'Université de Montréal, des analyses d'impuretés dans l'isolation des câbles à haute tension ont été effectuées, particulièrement en ce qui a trait aux arborescences d'eau. Cette technique offre une grande sensibilité. En effet, elle permet de détecter jusqu'à 1 ppm pour la plupart des matériaux. Elle est aussi très précise puisqu'on peut concentrer le faisceau de protons sur une surface aussi petite que 20 microns et effectuer des analyses très localisées.

Câbles et Isolation interne, VPR

Mécanismes de cavitation érosive de nouveaux aciers

Dans le cadre de la mise au point du nouvel acier inoxydable IRECA, ultra-résistant à la cavitation érosive, nous avons collaboré avec le Département de génie métallurgique de l'École Polytechnique de Montréal pour améliorer la compréhension des mécanismes fondamentaux à l'origine de cette grande résistance à l'usure. Des observations au microscope électronique ont mis en évidence la caractéristique principale de microdéformations planaires communes à tous les modes de déformation actifs dans les aciers inoxydables austénitiques au cobalt.

Métallurgie et Technologie des matériaux, VPR

Planification des réseaux électriques

Un programme de recherche sur la gestion de la planification des réseaux électriques a été élaboré conjointement par deux professeurs du Département d'informatique et de recherche opérationnelle de l'Université de Montréal et par trois chercheurs de l'IREQ. Les principaux sujets d'étude retenus sont : la fiabilité du réseau et la planification de la production, des entretiens et de l'expansion du réseau de distribution. Deux subventions, l'une du Conseil de recherche en sciences naturelles et en génie (CRSNG), et l'autre du fonds Formation de chercheurs et Aide à la recherche (FCAR), ont été obtenues pour la réalisation de ce programme de recherche au cours des prochaines années.

Méthodes de gestion et d'analyse numérique de réseaux, VPR

Calcul des forces aérodynamiques instationnaires

L'IREQ et l'Université de Sherbrooke travaillent conjointement à la réalisation d'un logiciel de calcul pour l'évaluation des forces aérodynamiques instationnaires sur les pales des turbines éoliennes de type Darrieus. Nous avons achevé la modélisation du sillage et nous l'avons comparée aux visualisations en soufflerie à Sherbrooke, ainsi qu'à des méthodes existantes. Le modèle entier permettant de simuler les forces en régime turbulent sera terminé l'an prochain.

Mécanique, VPR

Tokamak de Varennes

L'INRS-Énergie (Université du Québec) et l'Université de Montréal participent au projet du

tokamak de Varennes depuis ses débuts en 1977. Au cours de l'année 1986, l'INRS-Énergie a fourni une équipe scientifique comptant une quinzaine de chercheurs et de techniciens. Ils ont travaillé principalement au programme scientifique, aux systèmes diagnostiques et au système d'acquisition de données et de commande du tokamak. Quant à l'équipe scientifique de l'Université de Montréal, assignée en 1986 aux travaux sur les diagnostics, elle était composée de deux personnes provenant du Département de physique. La collaboration avec ces deux universités se poursuivra au cours des prochaines années.

Fusion – Tokamak, VPR

Stockage de l'hydrogène

Notre entente avec l'École Polytechnique de Montréal concernant les études sur le stockage chimique de l'hydrogène a été renouvelée. Ce projet comporte également des travaux sur la production d'hydrogène par vapo-reformage. Il est réalisé dans le cadre d'un contrat avec l'ACE.

Chimie des matériaux, VPR

Recherches en électrochimie – Université de Sherbrooke

Les recherches sur l'électro-hydrogénation catalytique de composés organiques, réalisées au Département de chimie de l'Université de Sherbrooke, ont été orientées vers une famille de composés précis, soit la conversion des sucres en polyols. D'autres recherches se sont poursuivies sur l'influence des pluies acides sur la stabilité des matériaux utilisés par l'entreprise.

Chimie des matériaux, VPR

Simulation numérique des plasmas

On voit apparaître actuellement une génération de calculateurs vectoriels qui peuvent mener de front de multiples opérations grâce à plusieurs processeurs. À ce nouveau mode de calcul on doit associer de nouveaux modes de programmation et, plus encore, de nouveaux algorithmes. Le développement de tels algorithmes, appliqués à la physique des plasmas, constitue l'objectif de la collaboration entre l'IREQ et les universités d'Orléans et de Nancy, en France. Les travaux ont porté sur la simulation numérique des plasmas unidimensionnels à partir de l'équation de Vlasov. De plus, un code pour l'équation de Vlasov en deux dimensions, mis au point à l'IREQ, a été testé sur le nouvel ordinateur CRAY-2 en France. Il s'applique à une méthode de pas fractionnaires *(splitting)* associée à des méthodes d'interpolation par *spline*. Un étudiant de niveau postdoctoral de l'université de Nancy se joindra prochainement au groupe de Varennes pour continuer les travaux.

Fusion – Tokamak, VPR

Physique théorique des plasmas

Des travaux se sont poursuivis sur le chauffage par ondes électromagnétiques et l'entraînement de courant dans les plasmas, à l'intérieur du tokamak, en collaboration avec le MIT des États-Unis, l'université Saint-Andrews en Écosse, et le laboratoire Culham en Grande-Bretagne. Les travaux visent principalement à comprendre le mécanisme de conversion d'une onde incidente en une onde fortement amortie par des processus cinétiques. Quant à l'entraînement du courant, on met au point une théorie qui tient compte des effets relativistes sur des électrons suprathermiques.

Fusion – Tokamak, VPR

Encore une fois cette année, le personnel de l'IREQ s'est distingué par l'originalité et la qualité de ses recherches. Plusieurs maîtres de recherche, chercheurs et techniciens ont été honorés par des organismes nationaux et internationaux.

Fellow – American Physical Society

M. Ashok K. Vijh, maître de recherche à la vice-présidence Recherche (IREQ), a été élu *fellow* de l'American Physical Society en reconnaissance de ses travaux. En effet, il a introduit de nouvelles approches pour expliquer certains phénomènes physiques relatifs aux réactions électrochimiques. Il a aussi contribué à accroître notre compréhension des phénomènes d'interface dans les plasmas et des réactions chimiques ou physiques qui se produisent sur les surfaces oxydées.

Fellow – Institute of Physics de Grande-Bretagne

M. Jaroslav Novak, chercheur, Câbles et Isolation interne, VPR, a été nommé *fellow* de l'Institute of Physics de Grande-Bretagne pour l'ensemble de ses travaux.

Prix de la Power Engineering Society de l'IEEE

La Power Engineering Society de l'IEEE a remis à M. P. Sarma Maruvada, chef de service intérimaire, Lignes aériennes et Isolation externe, VPR, un prix d'excellence pour un article publié par le groupe de travail dont il était membre. Les travaux portaient sur la comparaison des méthodes de calcul du bruit audible des lignes de transport à haute tension.

RAB Larry K. Wilson Transnational Award

Le Regional Activities Board de l'IEEE, région 7, a accordé le RAB Larry K. Wilson Transnational Award à M. Gilles A. Baril, conseiller technique, vice-présidence Planification des équipements*, pour son leadership dans la création du concept des multi-conférences internationales pour la conférence Montech 86.

* Jusqu'en décembre 1986, M. Baril a occupé le poste de directeur, Matériel électrique, IREQ.

Fellow – Institut de chimie du Canada

M. Michel Duval, chercheur, Chimie des matériaux, VPR, a été élu *fellow* de l'ICC. Cette sélection avait pour but de reconnaître les réalisations scientifiques du candidat dans le domaine de la chimie des huiles isolantes et de la préparation de polymères à conduction ionique. De plus, l'Institut soulignait l'apport important de M. Duval dans la promotion de la profession par sa collaboration durant plusieurs années à titre de trésorier de l'Ordre des Chimistes du Québec.

Prix de l'ACNOR

M. Raymond Bartnikas, maître de recherche, vice-présidence Recherche (IREQ), a obtenu le prix du mérite de l'Association canadienne de normalisation pour son leadership dans l'élaboration des normes sur les isolants électriques.

Prix Mica – Conseil de l'industrie électronique

L'IREQ a mérité le prix Mica du Conseil de l'industrie électronique du Québec pour le détecteur de proximité de lignes électriques. Ce produit a été mis au point par MM. Marius Cloutier et Jean-Marc Bourgeois, chercheurs, ainsi que par MM. Jean-Marie Houle et François Lalonde, techniciens, Automatismes, Mesures et Communications, VPR.

Deux prix d'excellence en innovation industrielle

Deux innovations technologiques mises au point par des employés de l'IREQ ont obtenu un prix d'excellence décerné par le Centre d'innovation industrielle de Montréal.

Il s'agit en premier lieu du système de signalisation à distance de la position des contacts de sectionneurs à haute tension, mis au point par M. Julien Simard, technicien, du service Appareillage électrique, VPR.

L'autre prix a été décerné à MM. Raynald Simoneau, chercheur, et Tony Di Vincenzo, technicien, Métallurgie et Technologie des matériaux, VPR, et à M. Jean-Marc Pelletier, chercheur, Automatismes, Mesures et Communications, VPR, pour la mise au point d'un circuit de protection contre les chocs électriques en soudage.

TABLE OF CONTENTS

2	Message from the Executive Vice President, Technology, International Affairs and IREQ
4	Research and Technology – Outline of the New Organization
5	List of Acronyms
6	1986 Highlights
8	Generation
16	Transmission
28	Distribution
34	Industrial Applications
38	Test Techniques, Measuring Devices and Data Acquisition
42	New Facilities
46	Marketing
48	International Activities
51	Cooperation with Universities
54	Awards and Distinctions

Cover:
Slip plane of the IRECA steel developed at

MESSAGE FROM THE EXECUTIVE VICE PRESIDENT, TECHNOLOGY, INTERNATIONAL AFFAIRS AND IREQ

The research and development work carried out by Technology, International Affairs and IREQ (TIA) in 1986 has helped to keep Hydro-Québec in the forefront of the high-technology electrical industry.

The results of its studies and research bear witness to the expertise of our scientific personnel and the engineers responsible for installations, system operation and marketing. One and all have lent us their unflagging cooperation throughout the year.

The activities covered a wide range of topics, from DC power systems and interconnections to the development of measuring and control instruments for the 735-kV power system. Electrochemistry, nuclear thermofusion, materials science and industrial technologies complete the list.

The TIA group took advantage of 1986 to reorganize its R&D activities. The primary objective was to create an environment that would stimulate innovation and cooperation in technological development throughout the company. TIA now acts as a catalyst and serves as a round table for all of Hydro-Québec's administrative units.

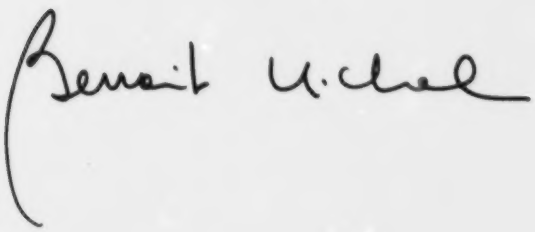
The body of scientific and technical activities which had been the responsibility of the Vice President, Research and Director of IREQ up to the end of 1986 has been assigned on a different basis (see page 4). Research for the utility and for outside clients will now be undertaken by the Research (IREQ) *branch, while system studies and simulation activities, together with high-voltage and high-power testing and consultation will be handled by* Research and Testing Laboratories and System Simulation (IREQ). *The third new branch,* Technological Innovation, *will be responsible for the development, demonstration and marketing of technological processes and products. The same branch will also be in charge of the new LTEE laboratory in Shawinigan. Finally,* Technology Planning *will provide guidelines for planning R&D activities and tailoring the latter to better meet the utility's needs.*

This new structure creates administrative units with distinct albeit complementary mandates, each with its own appropriate style of management. One of its main aims is to foster the exchange of expertise and services both within TIA as well as throughout the utility and with partners outside. Another aim is to encourage employee participation in a more flexible framework, thus underscoring the diversity and complementarity of the various roles, and bringing researchers closer to the decision-making level. Finally, this structure allows a clearer definition of priorities and better allocation of financial resources.

I am convinced that the members of TIA will take up these new challenges and demonstrate their capacity for innovation and invention that has been their hallmark so far. To all of them, I express my sincere gratitude.

I would like to take advantage of this opportunity to thank IREQ's management committee and to show appreciation for the work it accomplished during the year. The 1986 committee comprised Dr. Toby Gilsig, Vice President, Research, and Director of IREQ; directors Mr. Gilles A. Baril, Dr. Raymond Pronovost, Dr. Farouk A.M. Rizk and Dr. Antoine Théorêt; and managers Mr. Jacques Godin (acting manager), Mr. Jacques Hamelin and Mr. Gérard Juneau (acting manager).

Technology is becoming an increasingly strategic element here at Hydro-Québec. It is a great challenge, both stimulating and demanding. We intend to take up this challenge, together.



Benoît Michel
Executive Vice President, Technology, International Affairs and IREQ

RESEARCH AND TECHNOLOGY – OUTLINE OF NEW ORGANIZATION

March 1987

TECHNOLOGY, INTERNATIONAL AFFAIRS AND IREQ

Research (IREQ)

Vice President:
Alain Brosseau

Automatic Control, Measurement and Communications

Cables and Internal Insulation

Fusion – Tokamak

Materials Chemistry

Mechanics

Metallurgy and Materials Technology

Overhead Lines and External Insulation

Power Apparatus

Power System Measurement and Numerical Analysis Techniques

Research and Testing Laboratories and System Simulation (IREQ)

Vice President:
Louis Masson

High-Power Laboratory

High-Voltage Laboratory

Measuring Techniques and Scientific Computing

Power System Study and Simulation Centre

Technical Services

Technological Innovation

Vice President:
Toby Gilsig

Bureau of Innovation

Innovation Projects

LTEE Laboratory

- Industrial Chemistry and Electrochemistry
- Industrial Electrotechnologies
- Industrial Plasmas

Technology Planning

Director:
Denise Therrien

Technology Plan

Energy Distribution and Utilization Technologies

Energy Generation Technologies

Energy Transmission Technologies

Resources

Manager:
Jean Lapointe

LIST OF ACRONYMS

BCHI	British Columbia Hydro International
CEA	Canadian Electrical Association
CIDA	Canadian International Development Agency
CIGRÉ	Conférence internationale des grands réseaux électriques
EPRI	Electric Power Research Institute (United States)
HQI	Hydro-Québec International
IEC	International Electrotechnical Commission
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers (United States)
IERE	International Electrical Research Exchange
INRS-Énergie	Institut national de la recherche scientifique (Québec)
LTEE	Laboratoire des technologies électrochimiques et des électrotechnologies (Québec)
MIT	Massachusetts Institute of Technology (United States)
UNIDO	United Nations Industrial Development Organization

REPORT OF ACTIVITIES 1986
A NEW PRESENTATION

This year's presentation of the activities of Hydro-Québec's research institute differs from that of previous years in that the activities have been grouped by area: generation, transmission and distribution, or under headings such as new facilities, marketing, etc.

Each text describes an activity in a particular field and is followed by the name of the department responsible for it. All references to administrative units or titles correspond to the structures in place in March 1987.

The R&D activities performed in 1986 bear witness to the wide variety of IREQ's contributions. They reflect the many areas of involvement and the manifest concern of its personnel to meet the utility's requirements and help maintain its position at the leading edge of technological innovation.

From the lab to the field

Research in the areas of interconnections and power system operation constitutes the core of the year's achievements at IREQ. Many series of tests and measurements in natural environments and in the laboratory were carried out on the major types of DC insulator designs with a view to helping the utility select the insulation system for its sixth line from James Bay (±450 kV). Meanwhile, work was pursued on the environmental impact of the Des Cantons – Comerford interconnection. Field studies and research on IREQ's experimental line allowed the audible-noise level to be evaluated together with the electric-field strength and natural ion current. The results should allow researchers to assess the real impact of the new DC line on the environment once it is energized.

Still on the subject of interconnections, the HVDC system simulator has been used to study the Radisson – Nicolet – Des Cantons – New England DC link to identify problems that might affect the protection strategies adopted for that line. A CEA-sponsored study on the reliability of DC interconnections was also conducted during the year.

In another area, optimization work continued on the new IRECA steel, a product ultraresistant to erosive cavitation that has been developed by IREQ scientists; this low-cobalt stainless steel is now used for repairing damaged hydraulic turbines. Considerable research effort was also devoted to projects such as modular protection for generating stations, development of a remote-control system for distribution lines and an automatic equipment testing system, qualification of 735-kV spark gaps for transmission system protection and voltage phase angle measurement.

Several research, development and demonstration projects were performed in conjunction with other companies. IREQ joined Cegelec Industries Inc., for example, in the development of circuit breakers for extreme-low-temperature applications while Joslyn Industries (Canada) Ltd. is its partner in the project involving successful short-circuit testing and subsequent optimization of a new distribution surge arrester. Finally, an agreement with Bell Canada resulted in the telephone company establishing a new test and study centre for outdoor networks in IREQ's grounds in Varennes.

From idea to factory

Many products designed at IREQ have been manufactured and marketed by different companies. An air-gap measuring system for AC generators has led to the creation of a new company, Vibro-Meter Inc., owned jointly by Nouveler, a Hydro-Québec subsidiary, and Vibro-Meter SA, of Switzerland. Geneq, a Montreal firm, has obtained a licence to manufacture an ice detector designed mainly for monitoring high-voltage lines in winter. A number of other techniques found applications during

the year. For example, 30 remote contact-position indicators for high-voltage disconnectors have been installed on the system for medium-term evaluation, while a portable dosimeter has been developed in the course of research on the biological effects of the electromagnetic environment. A new detector has also been designed for identifying punctured insulators on 735-kV lines.

Construction of the LTEE laboratory in Shawinigan has now been completed. The LTEE makes its services and facilities available for studies and testing in the area of industrial applications of electricity. Pulp and paper, mining, metallurgy, textiles, agro-food and chemicals are the industries that stand to gain most from this new Hydro-Québec laboratory.

Finally, a number of pilot projects have been carried out in concert with materials manufacturers: Cascades Inc., Domtar Inc. and Armstrong Co. in Gatineau, mostly on the potential of infrared drying for porous materials. The outcome will very probably involve the design and installation of powerful ovens. IREQ has also established a technical partnership with pulp and paper companies to develop a 20-kW 20-kHz AC power supply for an induction heating process for drying paper. In a project undertaken with Les Constructions Desourdy Inc., pilot studies have been conducted on bituminous-concrete recycling and on the drying and heating of aggregates used to make bitumens.

From today to tomorrow

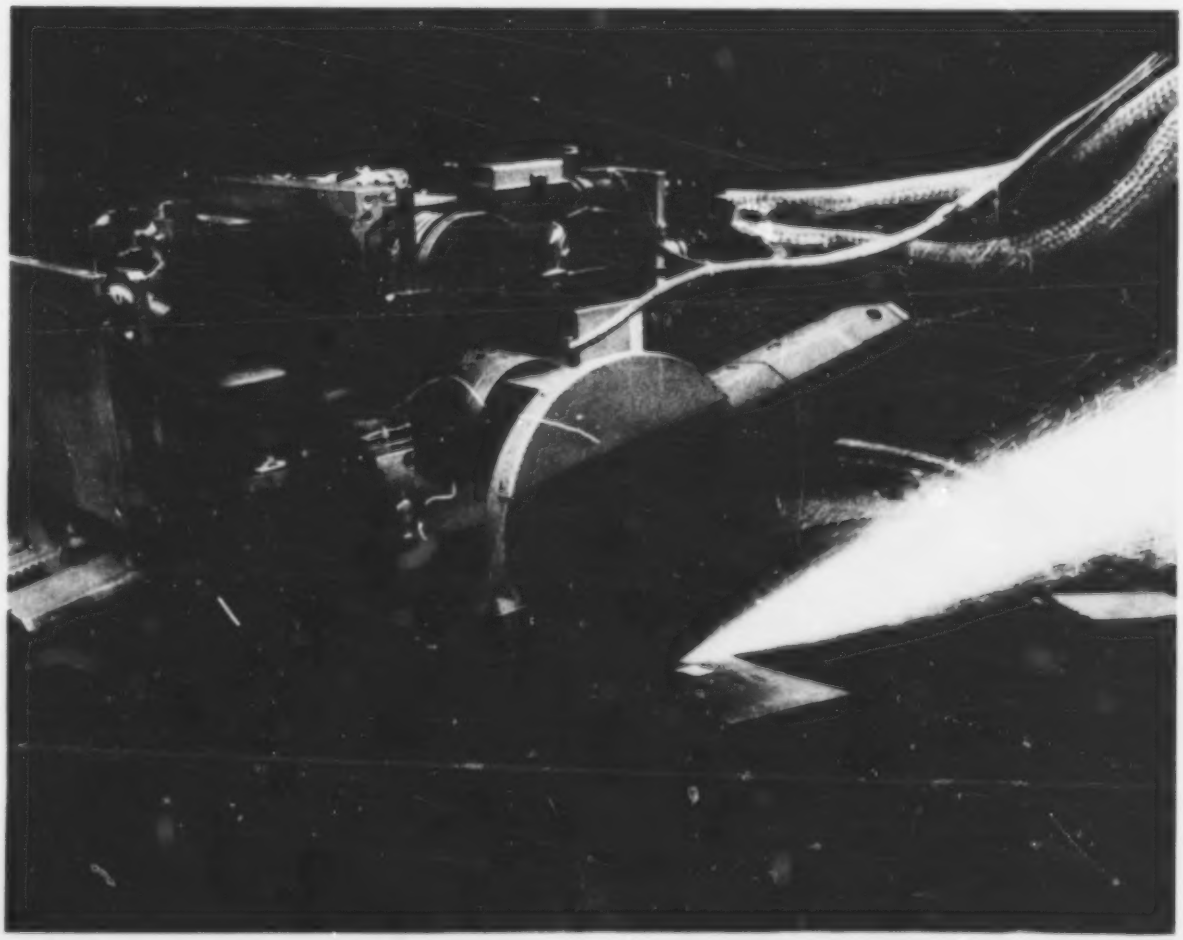
Several leading-edge technologies reached milestones in 1986. The Varennes tokamak, for instance, an experimental device used in the magnetic-confinement type of nuclear fusion, reached its final construction stage, while a consulting firm put the finishing touches to Project EOLE, completing the installation of the rotor and setting in motion the final commissioning stage.

Outstanding progress was made in the field of robotics, with the development of the first prototype of a compact system for the *in situ* repair of cavitation-damaged turbines. This project is being carried out jointly with Ontario Hydro. Work was also pursued on robotization techniques for distribution system maintenance, the main focus this year being on the installation and removal of tie wires fastening porcelain insulators to distribution lines.

In another area of research, the remarkable magnetic, mechanical and chemical properties of amorphous metal alloys make the application of such materials to distribution transformers extremely interesting. Two prototype units, one rated 50 kVA, the other 100 kVA, have already confirmed the advantages of this application. Finally, work has now been completed on the preliminary development of polymer electrolyte batteries and studies of different battery configurations for specific markets have begun.

Hydro-Québec produces almost all the electricity sold in Québec and also exports some to neighboring utilities. In 1986, output totalled 128.1 billion kWh. To guarantee and improve the reliability of supply, IREQ has devoted a considerable proportion of its research efforts to this aspect of the utility's operations, especially in the fields of generation planning, turbine-generator monitoring, cavitation detection and robotized turbine maintenance, development of a new steel, and studies of the degradation of stator windings. But the institute does not turn its back on the future and actively pursues research in such spheres as tokamaks, wind turbines and biomass energy.

Development of a compact robot for repairing turbine wheels in a joint CEA-sponsored project with Ontario Hydro.



Medium- and long-term generation planning

A major review of Hydro-Québec's medium- and long-term generation planning was pursued in 1986 for the Operational Planning Directorate.

As far as medium-term planning is concerned, a new model has been developed incorporating more details at the hydraulic and energy levels. A new method of solving the problem simulated by this model has also been established. These innovations gave rise to a third version of the NUMA program, scheduled to go into operation early in 1987.

With respect to long-term planning, studies were conducted on how to take into account the uncertainties inherent in energy demand and build a function that would better reflect the state of the power system in the years subsequent to the planning period. During the course of these studies, expert-system development tools (shells) and optimization software were acquired or evaluated.

Power System Management and Numerical Analysis Techniques

Project SUPER: continuous monitoring of turbine-generators

In keeping with the utility's productivity improvement policy for hydroelectric power stations, a study was undertaken for the Generation, Transmission and Distribution Group in an aim to develop an automatic monitoring system for turbine-generators. The system consists of a set of transducers connected to an acquisition microprocessor supported in turn by a processing microcomputer. Its function will be to monitor a number of signs indicating some aspects of the condition of the machine, thus allowing the station controller to draw up more appropriate maintenance schedules for these units. This will reduce the number of inspection shutdowns and help to increase the availability of turbine-generators. The first monitoring system will be installed on unit 6 in Beauharnois Generating Station and should go into service towards the end of 1987.

Mechanics

Robots for repairing turbine wheels

Great strides have been made in the development of the first prototype of a compact robotized system for *in situ* repair of damage due to the cavitation of hydraulic turbines. The application calls for a small lightweight robot capable of performing a variety of tasks (gouging, welding, grinding) in an often ill-defined context. A track-based five-axis modular robot has been specially built for the purpose. This project is being carried out in cooperation with Ontario Hydro Research Centre and is jointly sponsored by the CEA.

Metallurgy and Materials Technology

Analytical projects related to hydraulic turbines

Several projects of an analytical nature have been initiated in connection with turbines:

- participation in an investigation by the manufacturers of La Grande 2 turbines to solve a cracking problem
- modeling and digital simulation of a hydroelectric installation
- studies of fluid flow and stress calculations.

It is worth mentioning that an agreement for scientific cooperation with Dominion Engineering has led to exchanges which have contributed significantly to these projects. The work has been undertaken for the Generation, Transmission and Distribution Group.

Mechanics

Spectral analysis for the detection of erosive cavitation

Acoustic and vibration measurements in the frequency range of 0-100 kHz were performed on a first model of a Francis turbine at La Grande 3 generating station.

Analysis of the results indicates that the data yielded by an accelerometer installed radially on the lower guide bearing of the turbine shaft show the best agreement with those of the DECER erosimeters located on the blades of the model. The results are interesting, since it is far more practical and efficient to use an accelerometer than an erosimeter to detect erosive cavitation.

A second program of measurements was performed on a Francis turbine wheel which had shown itself to be particularly sensitive to cavitation. Measurements were taken both on the model and the prototype, before and after the modifications made as a result of cavitation. Spectral analysis techniques were then applied successfully to determine the noise and vibration modulation at high frequency levels. This proved to be a particularly rewarding means of gaining insight into the cavitation of Francis turbines. Analysis of the results is now under way.

Mechanics

Physicochemistry of water

A laboratory study was conducted for the Gentilly 2 power station in the Mauricie region. The focus was on the thermal stability of morpholine, which is used to modify the pH of the water in the thermal cycle of nuclear generating stations. The study provided an opportunity to determine the morpholine decomposition mechanism, to identify the main degradation products and to propose a reaction scheme. It also allowed new analytical methods to be developed which have already been successfully used to examine water samples from Gentilly 2.

Meanwhile, sampling, storage and analysis techniques had to be developed for identifying and quantifying organic-acid traces contained in thermal cycle water. Another project under way is aimed at improving the accuracy of measuring the boron content of the Gentilly 2 moderator.

Metallurgy and Materials Technology

Preparation of a sample of IRECA, a cobalt stainless steel, ultraresistant to cavitation, which is cast in a centrifugal induction furnace.

IRECA, a stainless steel ultraresistant to erosive cavitation

Application of this new low-cobalt stainless steel to hydraulic turbines calls for optimization of its resistance not only to erosion, which is already equivalent to that of the best metal alloy known, but also to cracking and corrosion. An effort is also being made to optimize its weldability. Rigorous control of the quality of this new product is imperative.

These improvements have now been incorporated into the latest experimental batches of coated arc-welding electrodes manufactured by a Québec company. Hydro-Québec has already taken advantage of the new product: in 1986 alone it used over 3000 kg of IRECA steel electrodes for repairing turbines. A welding wire-electrode made of IRECA steel is now being developed. This work has been undertaken for the Apparatus Directorate.

Metallurgy and Materials Technology

Modular protection for generating stations

A prototype digital relay has been developed for the integrated protection of generators in power stations. The basic principle of this relay consists in using a minimum number of standard cards (master processor, analog acquisition card, input-output card, etc.) and one or more cards each comprising a dedicated number cruncher and executing one or more complex protection functions. Switching from one function to another is simply a matter of swapping ROMs (read-only memories) on a calculator card. The advantage of this modular system is that it can cover the entire range of complex relays used in generating stations.

Automatic Control, Measurement and Communications

Deterioration of stator windings of rotating machines

Studies of the various techniques used to determine the aging and deterioration of stator windings continued during the year with a view to interpreting the spectra of discharges recorded on Hydro-Québec's rotating machines. More fundamental research was conducted for the CEA on the interpretation and nature of partial-discharge spectra in epoxy-insulated systems. This work involved the development of a mathematic model of the discharge mechanisms and initiation of experimental studies to validate this model. These activities are part of a project aimed at developing a calibrated measuring system for partial discharges occurring within generators.

Cables and Internal Insulation

Accelerated-aging tests on generator windings

Accelerated-aging tests have been performed on several stator windings insulated with epoxy-resin-impregnated mica tape. Undertaken as part of a major overhaul of generating stations operated by the Maisonneuve Region, these tests involved subjecting the insulation to higher-than-normal thermal and electrical stresses in order to accelerate the aging process. The results have allowed the research team to determine the long-term withstand strength of the winding insulation and to establish more efficient testing and analysis methods.

Cables and Internal Insulation

Prototype digital relay for the integrated protection of generators in power stations.

Busbar oxidation at Bersimis 1

Metallographic and chemical studies of the busbars at Bersimis 1 generating station have shed light on the nature of the degradation affecting the joints of these components. Brazing defects in particular leave the joints ill-equipped to withstand extensive thermal cycling and they soon experience failure due to degradation. The oxidation mechanism will be further studied by means of controlled thermal aging tests.

Materials Chemistry

Assembly of the Varennes tokamak

The Varennes tokamak is an experimental device designed for use in research on magnetic-confinement fusion. Several milestones in its development were reached in 1986, with the result that installation is almost complete. This large-scale project is financed in part by the National Research Council with additional funding for the operational phase from Atomic Energy of Canada Limited, acting on behalf of the Interdepartmental Panel on Energy R&D. Participants in the research activities include Canatom Inc., MPB Technologies and the Université de Montréal. The latter two also contribute to labor costs.

Final stage in the installation of the Varennes tokamak.

The actual assembly of the tokamak began in April 1986, once most of the civil engineering work had been completed, together with the mechanical and electrical aspects of the infrastructure. The next three months witnessed the installation of the lower support structures, the lower parts of the toroidal field coils and the central solenoid, so that by July the moment was ripe for the critical and delicate operation of installing the sixteenth toroidal coil in the solenoid. The vacuum chamber, which had been built and tested in the meantime, was placed in its final position in October. The following month, the last poloidal coils were installed and, at the end of December, all the toroidal coils were closed, the upper structure was installed and the last cooling components went into place.

During the latter half of the year, the various subsystems were put into operation simultaneously with the corresponding section of the control system, whenever possible.

During the assembly period, the research team put the finishing touches to the different diagnostic devices to be used for measuring and studying the plasmas. The culminating point in the development of this project, production of the first plasma, is scheduled for the first half of 1987.

Fusion – Tokamak

Wind turbine research

IREQ's EOLE project, which involves the construction of a 4-MW wind turbine, has now been handed over to Lavalin. By the end of 1986, Lavalin was completing the installation of the rotor and expecting to initiate the commissioning phase early in the new year. IREQ's wind energy specialists, meanwhile, pursued other avenues of research in the field of aerogenerator design. Among several activities of note, they have developed a number of blade-modeling techniques and, in collaboration with the Université de Sherbrooke, a method of calculating the unsteady aerodynamic forces acting on the blades of Darrieus wind turbines. Modal-analysis tests on the 50-kW wind machine erected on IREQ's grounds allowed the research team to validate methods developed for structural analysis of rotors.

In addition, the marked interest shown not only by Hydro-Québec but by utilities throughout Canada in the use of wind turbines for unconnected networks prompted IREQ scientists to study the present state of the art and the economic advantages of coupling wind generators with diesel generating units. The study showed that such an application is both possible and economically viable. Another project, financed by Energy, Mines and Resources Canada, involves the installation of a diesel generating unit to be coupled with the 50-kW wind machine at IREQ in order to develop a regulation and control system. Finally, members of the research team took part in the wind turbine demonstration project at Kuujjuaq in Northern Québec.

Mechanics

Energy from biomass

IREQ's 55-kg/h gasifier was used for many gasification tests during the year, as well as for the development of measuring devices and automatic controls and the formulation of experimental strategies for analysing material and energy balances.

The primary goal of these activities, all related to the gasification of wood in an air-fueled fluidized-bed reactor, was to provide the required support for the Biosyn project in Saint-Juste-de-Bretenières. This project involves the use of a 10-t/h dry-wood reactor for gasification with pressurized oxygen.

More fundamental research was carried out in close collaboration with the universities of Western Ontario and Sherbrooke. Mention might be made, for example, of the study of fluid mechanics on a gasifier model and the development of a mathematical simulation of a fluidized-bed reactor.

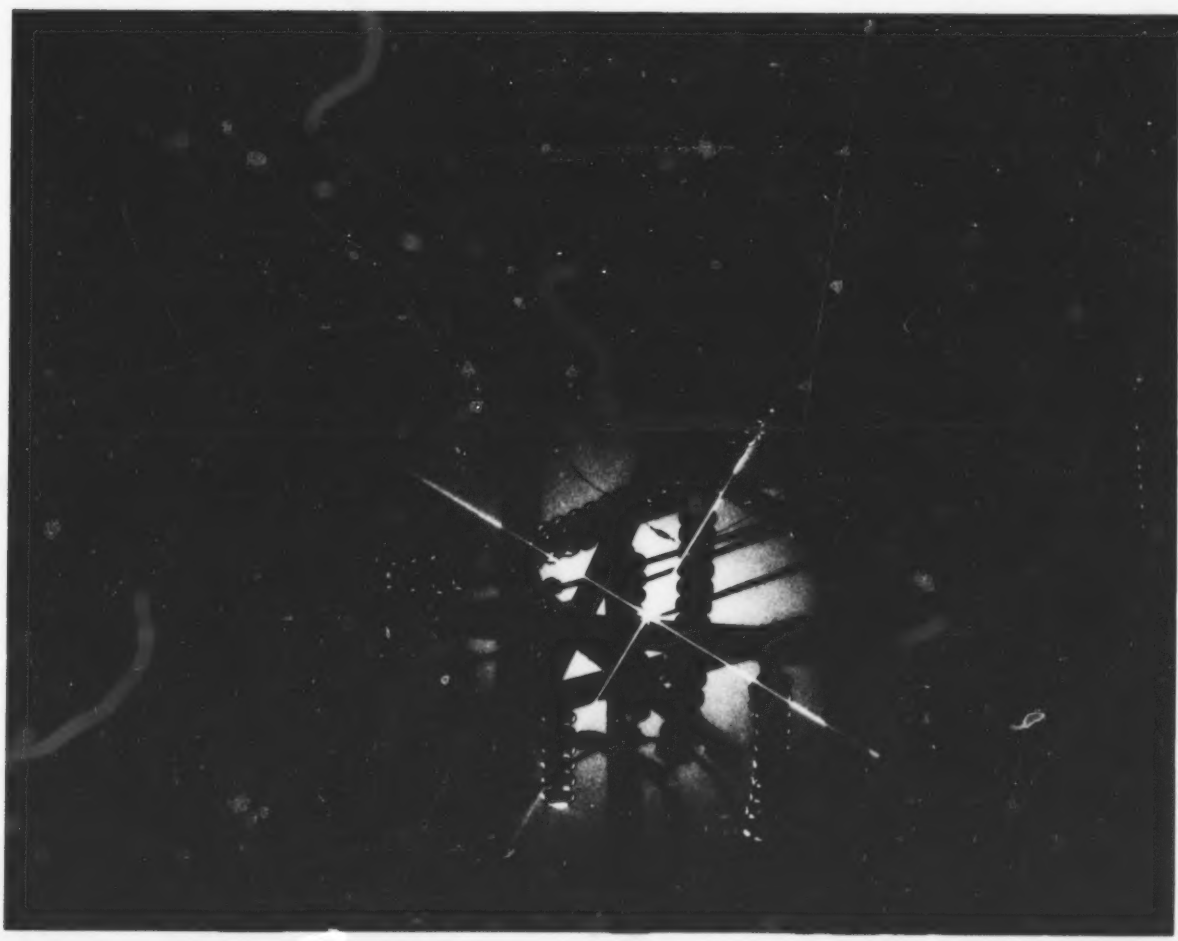
Industrial Electrotechnologies

Most of Hydro-Québec's power stations are located far from the load centres, which means that huge amounts of electricity must be transmitted over very long distances. Its transmission system must therefore be totally reliable.

Meanwhile, in the present energy and economic context, interconnections with neighboring networks are growing in importance.

IREQ's efforts are therefore focused on improving service continuity, developing interconnection technology, designing new equipment and optimizing power transmission techniques.

Different types of insulator have been tested in studies of the insulation to use for the sixth James Bay line.



Selection of insulation for the sixth line from James Bay

At the request of the Transmission Line Directorate, many series of tests and measurements have been made in the laboratory and in the natural environment to study and compare the performance of the main types of insulator designed for DC power lines. The tests performed under natural conditions comprised both measurement of the flashover voltage of insulator strings at ±450 kV and ±120 kV at IREQ and Brompton-ville test stations respectively, and measurement of the leakage current and surface contamination rate. The laboratory tests comprised clean- and salt-fog tests on naturally and artificially contaminated insulators, in an aim to compare their performance, and tests under high electric stresses of up to ±500 kV per insulator, in order to measure the dielectric strength of different types of ceramic suspension insulators.

Overhead Lines and External Insulation

Environmental impact of the ±450-kV Des Cantons – Comerford line

The Des Cantons – Comerford project involves two converter stations, one in Québec (Des Cantons, near Sherbrooke), the other in New Hampshire (Comerford). They are connected by a ±450-kV DC line, 172 km long, comprising two sections of totally different design, one in Canada, the other in the United States.

The research project on the impact of the new line was undertaken for the Environment Directorate. It consisted in measuring the influence of ambient conditions on the actual performance (from the point of view of corona and electric field) of a line in operation, and thus validating the impact predicted by the experimental study on IREQ's test line. This called for a monitoring system. The civil engineering work on the system was finished by mid-July 1986 while installation of the data acquisition and transmission equipment is now nearing completion. In the meantime, a temporary measuring system has been set up and, since May, has been serving to determine the ambient audible-noise level at the site, as well as the electric-field strength and the natural ion current. These measurements will make it easier to validate the real impact of the line on the environment once it has been energized.

Overhead Lines and External Insulation

Study of the La Grande – New England DC link

A study of the Radisson – Nicolet – Des Cantons – New England multiterminal link has been performed on IREQ's HVDC simulator. The system consists of a long ±450-kV HVDC line with a current-carrying capacity of 2000 MW and, once completed, it will incorporate five converter stations.

This study, carried out for the Equipment Planning group, has pinpointed several problems, including the self-excitation of the generators at La Grande 2 and the possible occurrence of ferroresonance overvoltages at Radisson. The threshold values above which these phenomena will occur have now been determined and should be useful to planning engineers. It has also been shown that protection techniques based on DC control could offer a means of avoiding problems in operating Comerford Substation in the presence of 60-Hz currents induced on the DC line.

Power System Study and Simulation Centre

Series compensators for protection of the Lévis – Rivière-du-Loup 315-kV lines

Starting in 1987, four 315-kV lines will gradually be commissioned between Lévis and Rivière-du-Loup. To be able to increase the transmission capacity towards the Gaspé end of the system, series compensators will be installed, an approach which precludes the use of conventional impedance relays for protection purposes.

Two protection relays of different design have therefore been connected to IREQ's AC system simulator so that their performance when subjected to various types of disturbance can be studied. One operates on the wavefront propagation principle, the other on the principle of phase comparison.

The tests were carried out for the Substation Engineering, Automatic Control and Telecommunications Directorate. The results have already served to assess the reliability, safety and operating limits of these relays and to upgrade their performance by means of a few modifications to hardware and to settings. Both types of relay will be installed on the lines in the Gaspé part of the system in 1987.

Power System Study and Simulation Centre

DC interconnections and reliability

The growing significance of DC interconnections in Canada, both for long-distance power transmission and for asynchronous links, has led CEA to sponsor an IREQ study aimed at assessing DC transmission reliability. The objective of the study is threefold: to make an exhaustive list of existing configurations and establish a number of standard configurations; to develop a method of evaluating the reliability of these configurations; and to use this method to analyse the selected configurations. The final report on this project will be submitted to the CEA technical advisors early in 1987.

Power System Management and Numerical Analysis Techniques

Power system analysis software

The network of APOLLO workstations used to develop power system software packages at IREQ has been completed with the addition of four more stations and a file server.

The IREQ stability program has been adapted to enable simultaneous simulation of HVDC interconnections and multiterminal systems, so that Hydro-Québec engineers can conduct large-scale studies on the interconnected systems of Québec, Ontario, New Brunswick and the New England states.

In addition, an option has been developed giving software users direct access to their models in the form of files, which represents greatly enhanced modeling possibilities. The main programs have also been adapted and tested on high-speed processors, supercomputers and the UNIX system. These programs are now in wide use throughout Hydro-Québec.

Power System Management and Numerical Analysis Techniques

The HVDC simulator served to study the ±450-kV DC Radisson – New England line.

Study of wind-induced static and dynamic loading on transmission towers

A study has been undertaken in conjunction with the Line Engineering Directorate to determine the mean and limit values of the loads imposed on transmission towers by turbulent winds and the resulting angles of the insulator strings. Measurements performed on the Magdalen Islands test line have led to a better definition of some transmission line design criteria in terms of the random nature of the wind, both in time and in space. The results of this project will also serve to validate the existing computation model and to recommend improvements with a view to obtaining a more faithful representation of the real situation.

Mechanics

Thermomechanical behavior of underground transmission cables

An analytical method has been developed for calculating the cyclic deformation of the sheath of underground transmission cables, the longitudinal displacement of these cables in manholes and the thrust exerted on the junctions. Such data are indispensable for evaluating the useful life of existing cables, optimizing duct design and economically dimensioning manholes for new lines. The corresponding computer programs serve to determine which of the several possible solutions represents the minimum potential energy. This solution also takes into account fretting in the duct and the elasticity of loops near the junctions.

Mechanics

Development of an extra-low-temperature circuit breaker

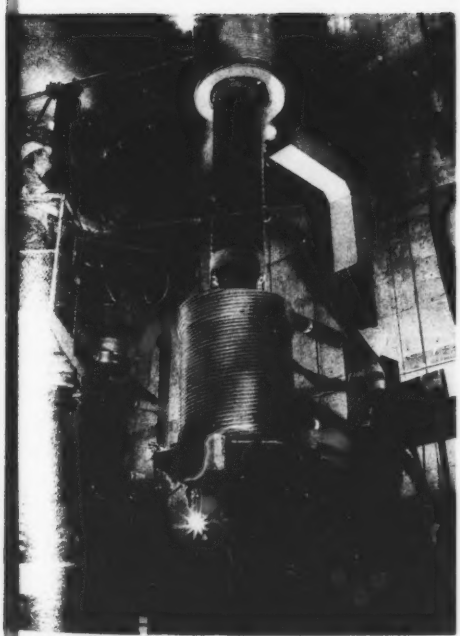
As part of a joint project with Cégelec Industries Inc., IREQ researchers have experimented with different techniques in an attempt to compensate for the reduced performance of SF_6 circuit breakers at low temperatures. The most promising techniques are liquid SF_6 injection in the arc interruption zone the use of gas mixtures and dimensioning of the extinction chamber. Two new prototype breakers have succeeded in interrupting currents of 50 kA generated by a short circuit at the breaker terminals and of 45 kA caused by a line fault, at −50°C. The development work is now focused on interruption of asymmetrical and capacitive current and dielectric tests. The research results also led to new, more determining criteria for simulating low-temperature SF_6 breaker interruption tests, which raises doubts about the criteria used hitherto.

Power Apparatus

Contact-position indicating system for disconnectors

Once the prototype development and laboratory testing stages were completed, 30 pre-production units of the contact-position indicating system were installed on high-voltage disconnectors for medium-term evaluation. In its final version, the system works as follows: pivoting reflectors at the high-voltage level are connected at the jaw and pivot of the disconnector and, from there, send an infrared beam to a detector which, like the IR source, is located at the low-voltage level. This project is being conducted for the Apparatus Directorate.

Power Apparatus



IREQ and Cegelec Industries Inc. are developing an SF_6 circuit breaker for operation at extremely low temperatures.

The contact-position indicating system for disconnectors is based on the use of infrared beams. Thirty of these devices have now been installed for evaluation purposes.

Qualification of 735-kV switchable spark gaps

In response to a request by the Equipment Planning Branch, IREQ has carried out a program of qualification tests on switchable spark gaps, which should help to solve the problems that occur when the James Bay network separates from the rest of Hydro-Québec's transmission system. The aim of this test program was to accurately determine the sparkover voltage level of these gaps (ideally, ±2.5%) and demonstrate their capacity to withstand short-circuit currents of up to 40 kA_{rms} for 20 cycles. The spontaneous sparkover tests, triggered sparkover tests, short-circuit tests, and icing tests on the exhaust pipes are scheduled to continue in 1987.

Power Apparatus

Characterization of suspended solids in transformer oils

Two years of sampling and analysis of oils removed from transformers and reactors in service on the transmission system have contributed significantly to the understanding of the solid-particle contamination of insulating oils used in this type of apparatus. Cellulose fibres, silica crystals, fine carbon particles, and various metals invisible to the naked eye can now be attributed dimensions and identified, and their presence quantified by an electronic counter, ferrographic analysis, atomic absorption or similar techniques. Variations in the presence of the suspended particles in the oil offer a means of monitoring the apparatus, thus adding another diagnostic tool to those already in use, such as dissolved-gas analysis. The findings of this study have proven useful to the Apparatus Directorate.

Cables and Internal Insulation

Characterization of solid particles in transformer oils.

Evaluation of macroscopic transport coefficients of insulating gases and mixtures

The results of a study on lectron transport phenomena in lectronegative gases and mixtures ave provided a useful means of haracterizing and assessing the ielectric performance of gaseous nsulation in electrical equipment. They have also contributed to the general understanding of the dielectric behavior of gases, in particular the synergism that characterizes the macroscopic properties of certain gas mixtures and variation of the limit fields in binary mixtures.

Cables and Internal Insulation

Study of the mechanical resistance of the tanks of oil-insulated equipment

New theoretical models together with computer simulation have proved of great benefit for studying the mechanical resistance of the tanks of oil-insulated equipment subjected to an explosion due to internal faults. These new calculation methods have already served to identify certain critical factors and to assess their impact. They provide information which is essential for the design of more resistant tanks. Meanwhile, the many possibilities of the computer program offer a glimpse, in the medium term, of far more probing studies of all these types of equipment.

Mechanics

Optimization of transformer oil regeneration

A study of the oxidation resistance of regenerated transformer oils was conducted for the CEA. Its aim was to determine the best time to regenerate in-service insulating oils. Laboratory test results revealed that an insulating oil regenerated at the end of its induction period (i.e., when the antioxidant is depleted) offers a resistance to aging equivalent to that of the original oil. In contrast, an oil regenerated during its saturation period (advanced oxidation) has a far lower resistance than the original.

Cables and Internal Insulation

Qualification of previously PCB-contaminated oils

Work is now under way on an evaluation of various decontamination processes for insulating oils containing PCBs. Qualification tests have been performed on decontaminated oils with a view to selecting the most effective technology. Meanwhile, research will soon be initiated on decontaminated oils that have been put back into service. This work forms part of Hydro-Québec's PCB decontamination and elimination program.

Cables and Internal Insulation

In-service monitoring of 735-kV transformers

Digital recorders have been developed for studying the transient voltage that appears on power transformers in 735-kV substations. Some 500 transients recorded at Manic, Boucherville and Châteauguay substations have now been analysed and compared to the impulse voltages used for testing new transformers. In addition, a computer program has been developed for spectral analysis of the transients recorded in substations and quantification of dielectric stresses by comparing the spectrum of the transient with that of normal and chopped impulse test voltages.

Measurement Techniques and Scientific Computing

Implementation and improvement of the phase measurement system

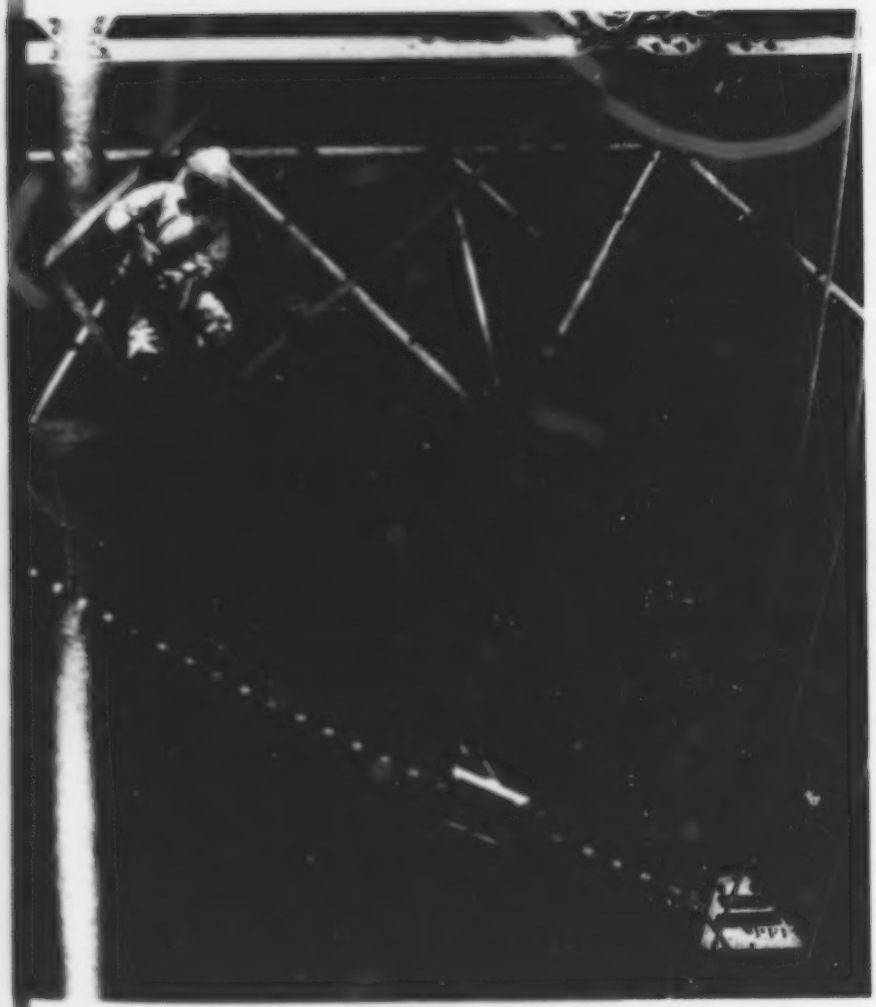
In the framework of a project for the Operational Planning Directorate, finishing touches have been put to the circuits of the measuring equipment (line commutator, new phase angle and voltage measuring device, type C slave clocks) to be installed in the substations. Various programs have been developed for plotting phase-angle curves, observing voltage asymmetry and characterizing frequencies. System frequency studies have provided data needed for characterizing the performance of automatic frequency control devices (speed governor, load-frequency controller). A measuring station has been installed at Châteauguay on the 765-kV line interconnecting with the United States and used to observe the reciprocal effects of various disturbances, on both the Québec and the American sides of the border. The measuring system has also allowed some of the characteristics of second-harmonic resonance phenomena on this section of the power grid to be identified.

Automatic Control, Measurement and Communications

Automatic testing system for equipment maintenance

Work on the automatic testing system being developed for the Apparatus Directorate was pursued in concert with head office and regional personnel. These resource people analyse and define all the different stages involved in programming such a system. IREQ, for its part, is responsible for developing and integrating the software. It recommends that a technical database be set up which could be incorporated into or made compatible with existing databases. This database would contain all the information supplied by the automatic testing system together with any other data relevant to the evaluation of substation equipment performance. If, in addition, it were connected to one or several expert systems, it would fulfil an urgent need expressed by preventive-maintenance personnel.

Automatic Control, Measurem and Communicat



Directional electric field probe has been developed for detecting punctured insulators.

Industrial prototype of a digital line protection relay

In conjunction with the Substation Engineering, Automatic Controls and Telecommunications Directorate, work has begun on the second stage of a project involving the development of a digital integrated-protection relay for EHV lines. On the strength of the results of the experimental development stage completed in 1984 and recent progress in the field of microprocessors, a technical specification has been prepared giving details of the simplified relay structure and the new performance criteria for an industrial pre-production unit. A Québec manufacturer has been given the task of assembling the hardware whereas the IREQ research team is developing and implementing protection algorithms that will be rapid, reliable and immune to transient disturbances.

Power System Management and Numerical Analysis Techniques

Detection method for punctured insulators

A new method of detecting punctured insulators has been developed to replace the buzz sticks commonly used at the transmission level. It involves the use of a directional electric-field probe which

detects discontinuities in this field due to the presence of faulty insulators. Laboratory and field tests have shown this method to be highly efficient and patent applications were filed both in Canada and in the United States in 1986. Marketing efforts have now been initiated in the form of presentations to two specialized companies. The next stage in this project involves system optimization and implementation.

Measuring Techniques and Scientific Computing

Record power level for short-circuit transformer tests

At the request of a transformer manufacturer, the high-power laboratory performed short-circuit tests on a single-phase transformer rated 100/133/167 MVA – 500/220/11 kV in conformity with ANSI standard C57.12.90-1980. The six 15-cycle short-circuit withstand tests called for a single-phase power level of 3700 MVA, which represents the largest single-phase power value ever achieved in the laboratory.

High-Power Laboratory

Tests at extreme temperatures

The environmental chamber in the high-power laboratory has been in great demand lately, owing to an increasing concern among electrical utilities and manufacturers about in-service equipment aging and reliability. It has served, for example, for mechanical operating tests at very high (+40°C) and very low (–50°C) temperatures and for icing tests on an SF_6-insulated 138-kV three-phase load-break switch, which marked a first in the laboratory for this type of equipment.

High-Power Laboratory

Tests on buried fibre-optic cables

High-impulse current discharge tests on fibre-optic cables were performed in the high-power laboratory at the request of telecommunications companies to study cable performance in wet sand under lightning conditions. The current values were found to be between 60 and 165 kA (crest) at frequencies of 10 to 30 kHz. The rise time varied between 11 and 20 μs.

High-Power Laboratory

Feasibility tests on an electromagnetic-pulse simulator

The high-voltage laboratory
s carried out a series of tests to
estigate the possibility of gener-
ng electromagnetic pulses (EMP)
ing the 6.4-MV pulse generator
the primary energy source to-
ther with other laboratory facili-
es. To this end, a prototype of
ounded-wave simulator offering a
est volume of 13 m × 7 m × 6 m
as built in the large hall and the
magnetic and electric fields gener-
ated were measured. The resulting
pulses produced by the simulator
had rise times of some 7 ns with
a magnetic-field strength of
200 A/m and an electric-field
strength of 50 kV/m.

High-Voltage Laboratory

Calibrating technique for transformer loss measuring system

A technique has been developed for the calibration of transformer loss measuring systems with high voltages and currents at low power factor. It consists in comparing, in a reference circuit, the losses measured by the system under study with the same losses measured by other means. The difference represents the errors of the system under study. The power dissipated in the reference circuit, which comprises a capacitor bank and a high-power resistor, is determined by adding the separate values measured for the power dissipated in the capacitors and that in the resistor. Tests show that this total value can be determined with an error of less than 0.25% for a power factor of 0.01.

High-Voltage Laboratory

IREQ *has played a significant role in the utility's effort to improve service continuity and quality.*

The focus of the distribution-related activities was on developing new types of equipment and enhancing the efficiency of existing apparatus. Special attention was paid to surge arresters, fuses, cables and junctions, conductors, duct banks, feeder automation and amorphous-steel transformers. Research was also conducted on the possibilities of increasing safety in underground distribution systems and robotizing maintenance practices.

Study of breakdown in a 25-kV extruded polyethylene cable

Development of a totally safe surge arrester

As part of a project with lyn Industries (Canada) Ltd., first pototypes of a zinc oxide nO) surge arrester have successly withstood internal short cirts of up to 8 kA for 10 cycles, d appear to be totally safe. The n of this project is to produce a mpetitive device equipped with pressure limiter and a mechanism hat will transfer arcs to the outside of the arrester housing when internal short-circuits occur, thus preventing the arrester from exploding or cracking. Work will now concentrate on reducing the size of the new arrester.

Power Apparatus

The first prototypes of a distribution surge arrester developed in conjunction with Joslyn Industries (Canada) Ltd.

Safety in underground distribution systems

Failures of underground disibution equipment can result in nsiderably large and unbalanced ult currents which, in turn, can use a rise in the ground potential d induce voltages in parallel cirits. A study was therefore carried t to solve this problem in order protect workers liable to be exsed to such voltages. Undertaken r the Distribution Directorate d the CEA, the project consisted rst in developing an interactive program which, when used with the EMTP software, was able to represent the entire system and simulate a number of specific cases. Field tests were then performed to validate the accuracy of the simulation program. The second phase comprised a parametric study which served to identify the factors that determine the variation in the voltage levels and provided a useful tool for analysing a wide range of events likely to occur in underground distribution systems.

Power Apparatus

Unwanted fuse operation due to lightning

IREQ scientists have achieved a first in a test station: by simulating a lightning stroke on a distribution system, they managed to reproduce cases of unwanted fuse operation. The cause is the overvoltage at the arrester terminals which, as the long lightning impulses are absorbed, leads to transformer saturation and an excessively high 60-Hz current, causing the fuse to operate. This demonstration, for which IREQ's synthetic test source was used, could affect both the insulation coordination and the protection of electrical equipment.

Power Apparatus

Characterization of service-aged extruded cables and junctions

The development of characterization techniques for extruded cables has given IREQ an expertise which is now being put to good use throughout the utility, especially in the Distribution Directorate and the Richelieu Region. This methodical investigation for EPRI centres on the dielectric and physicochemical behavior of service-aged cables and junctions for the purpose of diagnosing the performance of an underground distribution system and recommending improvements if required. A seminar on extruded cables was given in the fall to distribution personnel from all Hydro-Québec's administrative regions, thus marking a first step in the transfer of knowledge built up in the field of extruded cables over the last few years.

Cables and Internal Insulation

Viscoelastic analysis is one of the characterization techniques used to determine the aging of the polyethylene used in distribution cables.

Study of the electrical characteristics of conductors

Tests have been performed for the Richelieu Region to determine the electrical characteristics – in terms of temperature, current and tension – of ACSR (aluminum cable steel-reinforced) and copper conductors used in distribution systems. The results will be used to develop a computer program for calculating the impedances of such conductors under different atmospheric and system operating conditions. The program will be developed by the Distribution and Projects Department (Richelieu Region) and then dispatched on

...tility-wide scale. This will save ...e spent on research, ensure that ...iodical calculations by each ...ion and by Head Office are ...sistent, and avoid the errors ...erent in manual computations.

Overhead Lines and External Insulation

Thermal management of duct banks

Analysis of the thermal effect of load cycling in cable duct banks still represents a major source of concern to the utility because of the major impact of this effect on distribution system management. Experimental measurements on a mock-up confirmed that under certain conditions this type of loading can be defined using a steady-state model. It was therefore decided to use the same model even more intensively as a system management tool and also to improve it. It is now possible, for example, to add a data bank containing cable-related information and to take into account neutral currents in the case of unbalanced load. Moreover, variations in conductor resistance with temperature can now be accommodated as well. These studies were performed for the Richelieu and Saint-Laurent Regions.

Cables and Internal Insulation

Copper-aluminum connectors

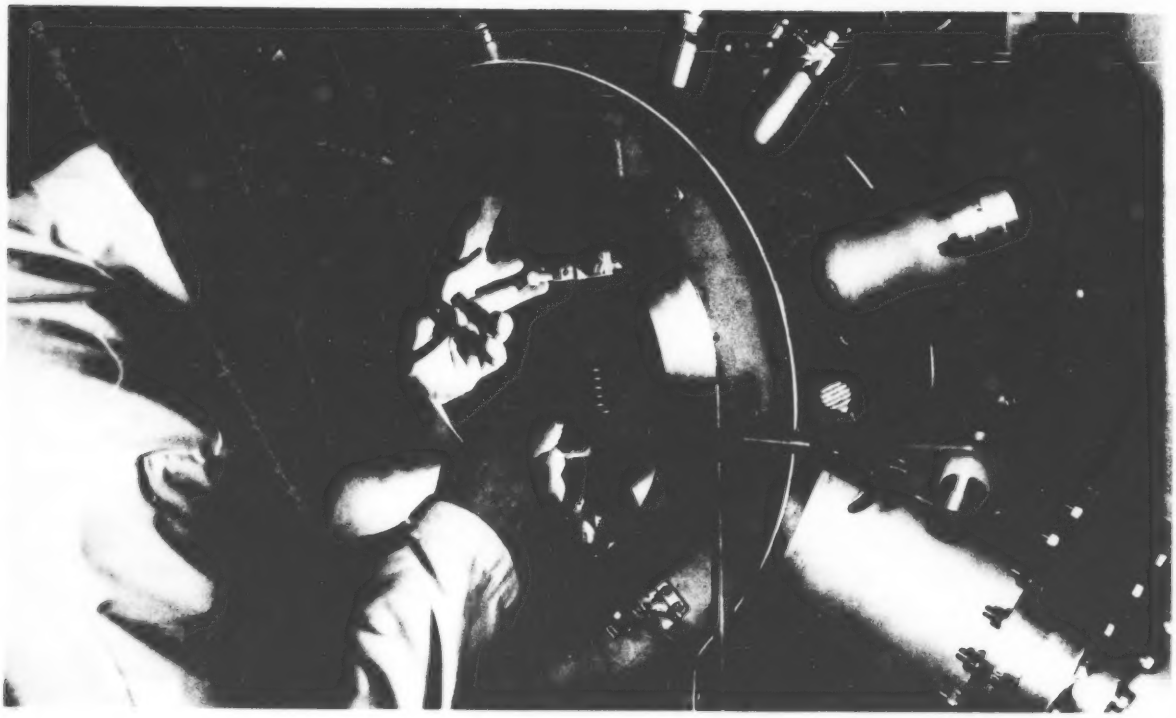
Following work on the aging of aluminum connectors with high permanent current-carrying capacity, studies were conducted to assess the surface behavior of different metals, mainly copper-aluminum contacts often used by the utility. Thermal and electrical cycling tests are now under way according to an in-house method for accelerating the contact degradation mechanisms. Typical surfaces have already been analysed. This work was carried out for the Distribution Directorate and will be used to validate the design of connectors used on the power system.

Metallurgy and Materials Technology

Supervisory control for feeders

The laboratory prototype of a second-generation remote terminal unit was available by the end of 1985. The last 12 months saw a number of modifications to the electronic circuits of this prototype followed by the implementation of computer programs, in particular the communications software. These alterations have greatly enhanced the flexibility of the prototype with respect to the number of control points and the modes of communication available. Next year, the research team will finalize the design of the mechanical part and perform the communication tests using three pre-series units in a multipoint system. These tasks will take place concurrently with the last stage of the technological transfer to a Québec company.

Automatic Control, Measurement and Communications



Research is under way on the application of amorphous metal alloys for the construction of new transformers.

Amorphous-steel transformers: a promising advanced technology

The outstanding magnetic, mechanical and chemical properties of amorphous metal alloys make them very attractive for industry. According to a development and application strategy drawn up at Hydro-Québec, these metals have a most interesting role to play in the manufacture of distribution transformers. Not only do they reduce iron losses by a factor of 4, but they also have no adverse impact on the environment. The 50- and 100-kVA prototypes built at IREQ have given scientists an opportunity to validate their patented design.

Metallurgy and Materials Technology

Robots for maintenance

The last 12 months' work on the application of robots to distribution system maintenance focused on three main topics:

- Development of laboratory programs for using combinations of robots, tools and sensors to install and remove the ties used to attach insulators to a distribution line.

- I elopment of a computer-vision rithm to estimate the position orientation of a robot manipu- r in a working environment sisting of a typical crossarm ne.
- plication of knowledge-based or-handling techniques to erobotic live-line maintenance.

Furthermore, the first steps were taken to robotize an auxiliary boom and other computer-vision algorithms, in particular for locating ties and insulators.

Automatic Control, Measurement and Communications

Some of the maintenance jobs on distribution lines, such as replacing insulator tie wires, can be robotized.

Transformer-rectifier for rapid transit

The high-power laboratory witnessed many tests this last year on equipment built for medium- and low-voltage systems, including electrical equipment used for rapid transit. At the request of an American customer, for example, short-circuit withstand tests were performed on a 3000-kW, 750-V transformer-rectifier, which is rated for a power level of 750 MVA at a voltage of 19.8 kV.

High-Power Laboratory

INDUSTRIAL APPLICATIONS OF ELECTRICITY

Electricity has shown itself to be a useful replacement for fossil fuels and boasts a number of other assets: it involves fewer rejects, it offers better-quality products and working conditions, and it has no adverse effect on the environment.

IREQ is therefore actively pursuing research into the industrial applications of electricity. The main thrust of the activities in 1986 was on processes involving the use of infrared heating, high-power-density resistors, high-frequency sources, plasmas, water electrolysis, and polymer electrolytes for batteries. A new laboratory specializing in electrotechnologies has recently been built.

Research on infrared drying for certain materials has led to several industrial projects, such as the 1.2-MW dryer at Cascades Inc., and pilot projects at different plants.

Infrared drying

The successful results of intense laboratory work and field measurements have shed light on the parameters governing infrared drying, in particular the nature and characteristics of IR sources, their control methods, their position in the oven with respect to ventilation and, of course, the acceptable power level corresponding to the moisture content of the materials to be dried.

Studies such as these are indispensable for industrial projects, a number of which were initiated in 1986. Cascades Inc. of Kingsey Falls offers a typical example. This project involves a 1.2-MW oven for drying molded-pulp egg cartons. Very promising results have also been obtained for porous materials of up to 13 mm thick, which opens up avenues for new, compact drying ovens with good performances (efficiency of over 70%) and competitive prices. These new ovens are being developed in close cooperation with the manufacturers.

Industrial Electrotechnologies

High-power-density resistors

An innovative new heating-element concept developed for raising the temperature of fluids offers the possibility of increasing the volumetric power density far beyond that of tubular and spiral elements. Known familiarly as "porous elements", these new types of resistor are simple and robust as well as inexpensive to manufacture: the perforated-metal sheets of which they are made reduce the volume to be heated, hence heating time and production costs. A prototype rated in the order of tens of kilowatts allowed the concept to be validated, another, rated 200 kW, will be installed early in 1987 for laboratory and industrial-scale tests. Research will continue in the effort to further improve the fluid performance while reducing the manufacturing cost.

Industrial Electrotechnologies

High-frequency source for heating systems

An AC power source (20 kW, 20 kHz) for induction heating has been developed in conjunction with a company interested in using this drying process in the pulp and paper industry. A point worthy of note is that only commercially available semiconductors of known reliability were used to build the circuits. Three sample sources have been built so far and have all successfully passed the test in an industrial application.

Industrial Electrotechnologies

Laboratory tests on a high-power-density heating element.

Drying and heating of aggregates

Intensive measurements have been performed on a pilot rotary drying oven in an effort to characterize the drying and heating of aggregates to be used for bituminous concrete and to demonstrate the feasibility of the thermomechanical decomposition of asphalt slabs due to be recycled. One of the air-heating methods selected during these comparative tests consisted in using electrical resistors with or without air recirculation. Undertaken as part of a program organized by the Internal Markets Directorate, the tests were performed in cooperation with Les Constructions Désourdy Inc. and CRCAC (*Centre de recherche et de contrôle appliquée à la construction*) and should lead to a pilot production plant being set up in 1987.

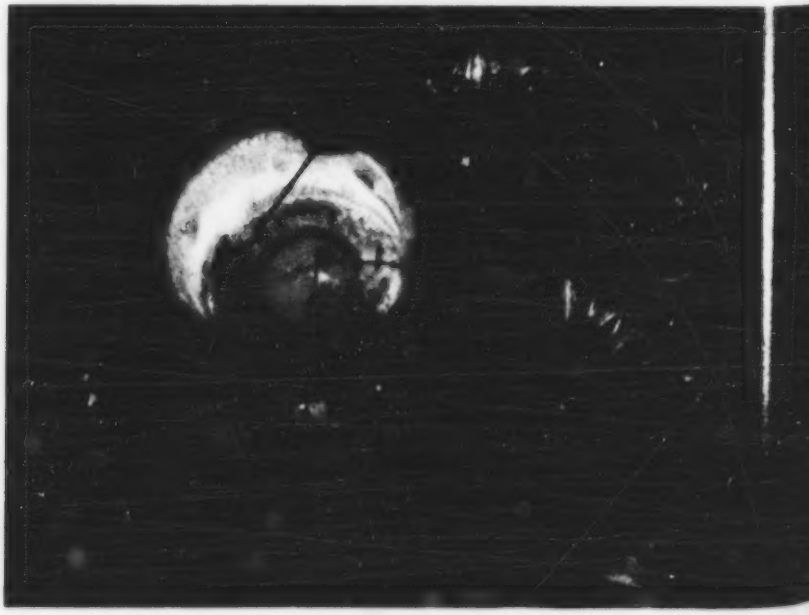
Industrial Electrotechnologies

Systematic testing of PLASMACAN™ furnace

The PLASMACAN™ furnace has two outstanding features: it is a transferred-arc reactor and its raw material can be in powder form. The powder is projected against the inner wall of a sleeve surrounding the arc and is heated until it melts. The falling film of material thus produced protects the walls of the sleeve and the furnace against arc radiation. Systematic studies were made of the powder transport characteristics, the injection mechanism and the formation of the falling film. Measurements performed during the course of these studies resulted in significant modifications being made to the sleeve geometry, which is the determining element in the powder trajectory. The characteristics of the falling film were determined as a function of the discharge parameters, the nature of the powder, the injection speed and the sleeve configuration. The three powders studied in particular were iron oxide, silica and baghouse dust. These studies form the groundwork for a pilot dust-treatment project to be carried out with a group of industrial partners.

Industrial Plasmas

A plasma furnace is used for melting scrap aluminum.



Ultrarapid air-drying process using a water vapor plasma

A mathematical model has een developed for defining the eometric parameters of a powder rying column based on the use of perheated water vapor. Accordg to calculations, for equivalent rying capacity, an increase in the ater vapor temperature is accomanied by a substantial reduction n the size of the equipment. These wo factors – elevated temperature and reduced size – suggest that there is much to be gained from using a plasma torch as the primary-energy source in this particular application. Furthermore, the steam produced can be employed for heating purposes, which represents considerable energy savings.

Industrial Plasmas

Pilot plant for water electrolysis

Three new water electrolysis cells have been installed at IREQ for testing. This work forms part of an agreement with Electrolyser Inc. Once the tests are completed, the cells will be shipped to Bécancour where they will be part of a liquid-hydrogen plant built by Canadian Liquid Air and Hydro-Québec in the framework of the HydrogenAL project. These cells incorporate the latest modifications achieved since 1982, as a result of experience gained from operating IREQ's electrolysis plant.

Industrial Electrotechnologies

Tests on water electrolysis cells to be used in HydrogenAL's liquid hydrogen plant in Bécancour

Polymer electrolyte batteries

The predevelopment work on polymer electrolyte batteries has been completed with the characterization studies of laboratory prototypes built in 1985. Outstanding progress has been noted in the electrochemical performance of the laboratory cells, particularly at temperatures below 25°C, as a result of the use of new materials. Studies have also been conducted on battery configurations for specific markets and original approaches to the fabrication of thin-film lithium batteries (5 to 20 μ) have been explored.

Materials Chemistry

TEST TECHNIQUES, MEASURING DEVICES AND DATA ACQUISITION

In the course of their research and development activities, IREQ personnel has devised various test techniques, new measuring devices and data acquisition systems.

The activities that have been most productive from this point of view are insulator pollution testing, measurement of the post-arc current in HV circuit breakers, and measurement of electric, magnetic and electromagnetic fields.

In addition, data acquisition and processing systems have been developed in a wide range of areas, from temperature-rise tests on electrical equipment and vibration tests on the Magdalen Islands experimental line to analog power system simulation and digital spectral analysis.

IREQ has developed a dosimeter for measuring the electric, magnetic and electromagnetic fields to which human beings can be exposed.

Clean-fog tests on polluted insulators

A CIGRE task force has been t up under IREQ leadership to tablish test parameters and ocedures for the clean-fog tests ed to measure the AC perform- ce of polluted insulators. In col- boration with an IEEE task force, extensive research program has een conducted involving nine aboratories in different parts of he world, resulting in a procedure with low dispersions: the standard deviation measured for the mean flashover voltages of the insulators being tested shows variations of only 2-6% among the different laboratories. The results of these studies have been published in an IEEE paper and will be incorpo- rated into IEC and IEEE standards n due course.

IREQ's contribution to the levelopment of this test technique as been substantial. Its research am developed a technique of easuring the flashover voltage due during the critical wetting etiod. They did so by systemati- lly varying the voltage during a ngle test. This novel approach lows a significant reduction both the number of tests needed to stablish the mean flashover volt- ge with a given level of certainty (by 70 to 90%) and in the cost, which is much lower than the normal cost of testing large insulators.

Under the leadership of IREQ, a task force comprising representatives from nine world laboratories established the procedures and parameters for clean-fog tests.

Overhead Lines and External Insulation

Development of post-arc technology

A new prototype research facility has led to a world first being achieved at IREQ. It was found that the interrupting power of a modern high-voltage circuit breaker can be determined by measuring the post-arc current. The method called for the development of an original measuring system with fibre-optic transmission. Computerized data processing allows the resistive post-arc current to be extracted from the post-arc current, arc voltage and recovery-voltage signals, and then used to model the electric arc, which is represented by a strongly nonlinear resistance. This technology also offers a way to upgrade circuit breakers by adding electric components and will therefore be interesting to clients needing higher-performance equipment.

Power Apparatus

Development of a dosimeter

Close collaboration between IREQ and the Environment Directorate has produced a dosimeter for measuring electric, magnetic and electromagnetic fields to which human beings are exposed. The work is part of a research project on the biological effects of the electromagnetic environment. Expectations are that the device will be used in the dosimetry part of an epidemiological study of electrical workers' health for the Québec government.

The dosimeter has a 64-K memory and is designed to operate actively for 18 days on a 9-V alkaline storage battery, after which it switches off automatically. The data, however, is stored indefinitely and is extracted, statistically processed and presented on a personal computer as required. The dosimeter measures the electric field, three components of the magnetic field and the electromagnetic interference (5- to 20-MHz band) every minute over a dynamic range of 84 dB. The prototype measures 2 × 7.5 × 12 cm and weighs 200 g; however, an effort is now under way to reduce its size and weight slightly.

Overhead Lines and External Insulation

Digital recording of impulses at transformer neutral terminals

A digital technique has been developed for recording voltage and current impulses at the neutral terminals of power transformers. In addition, a computer program has been developed which calculates the admittance of the transformer being tested and presents it in the form of a transfer function in the frequency domain. Comparison of the transfer functions obtained at the full and reduced test voltage levels makes it possible to identify local breakdowns of the transformer insulation and to distinguish them from partial discharges.

Both the digital impulse analyser and the software have been in service in the high-voltage laboratory for three years, but in 1986 the product was actually put on the market, by Biddle Instruments of Pennsylvania.

Measuring Techniques and Scientific Computing

Software for temperature-rise tests on electrical equipment

Efforts were focused on the development of software that would allow simultaneous control and data acquisition from a mini-workstation. This software offers several control options (start, stop, operation, thermal-runaway protection, overcurrent protection, etc.) and, also, a wide range of possibilities related to data acquisition: temperatures, displacements, pressure levels, etc., which can be processed for computation, graphic display, curve-plotting or other purposes.

High-Power Laboratory

Signal acquisition and processing on IBM-AT and XENIX

This system, which comprises an IBM-AT computer and XENIX software, allows 80 different signals to be collected. The cost is minimal. Sampling and analog-to-digital conversion are done in multiplex mode and a compound acquisition rate of 16 000 bauds is possible in multi-user, multi-task mode.

Not only is the XENIX software highly compatible with existing UNIX software, but the multitask mode makes it possible to display and process data as it is collected.

This system is now being
ed for signal acquisition and
ocessing in a program of vibra-
n studies on the experimental
e in the Magdalen Islands.

Measuring Techniques and Scientific Computing

High-performance data acquisition under UNIX

This system comprises four Preston data acquisition units, which allow up to 64 channels per unit to be connected to a ±10-V differential input (32-channel configuration at the present time). Each unit is designed to function independently at a rate of 1 M samples/s, which makes a combined rate of 4 M 16-bit items of data entering the computer memory every second. The unique aspect of this system, apart from its performance, is that it operates under UNIX, an in-house developed system software for acquisition unit control. The primary application of this system is for analog power system simulation.

Measuring Techniques and Scientific Computing

Signal processing with an interactive language

Many mathematical, statistical and graphic-display functions can be executed interactively on acquired or generated signals and on simulation results. The main criterion considered during development of this system was operational flexibility. As a result, it is much easier to process information to be used in the preparation of technical reports or publications. It was also necessary to develop a scientific data-base management program, a screen data-acquisition management program and an interpretive language for interactive control of the processing and display functions.

Measuring Techniques and Scientific Computing

Digital spectral analyser on a SUN computer

This software not only executes the usual functions of commercial spectral analysers such as correlation, coherence, impedance calculation, cross spectrum, harmonic analysis, etc. but, and herein lies its true originality, it is not limited to these functions; it is not a dedicated system. Furthermore, it is designed to evolve and to be incorporated into existing signal-processing systems at IREQ. The operations to be performed are selected by means of user-friendly menus and the selection can be stored in a memory. A preprocessor is provided for signal conditioning: filtering, sampling-frequency reduction, simple mathematical operations, etc.

Measuring Techniques and Scientific Computing

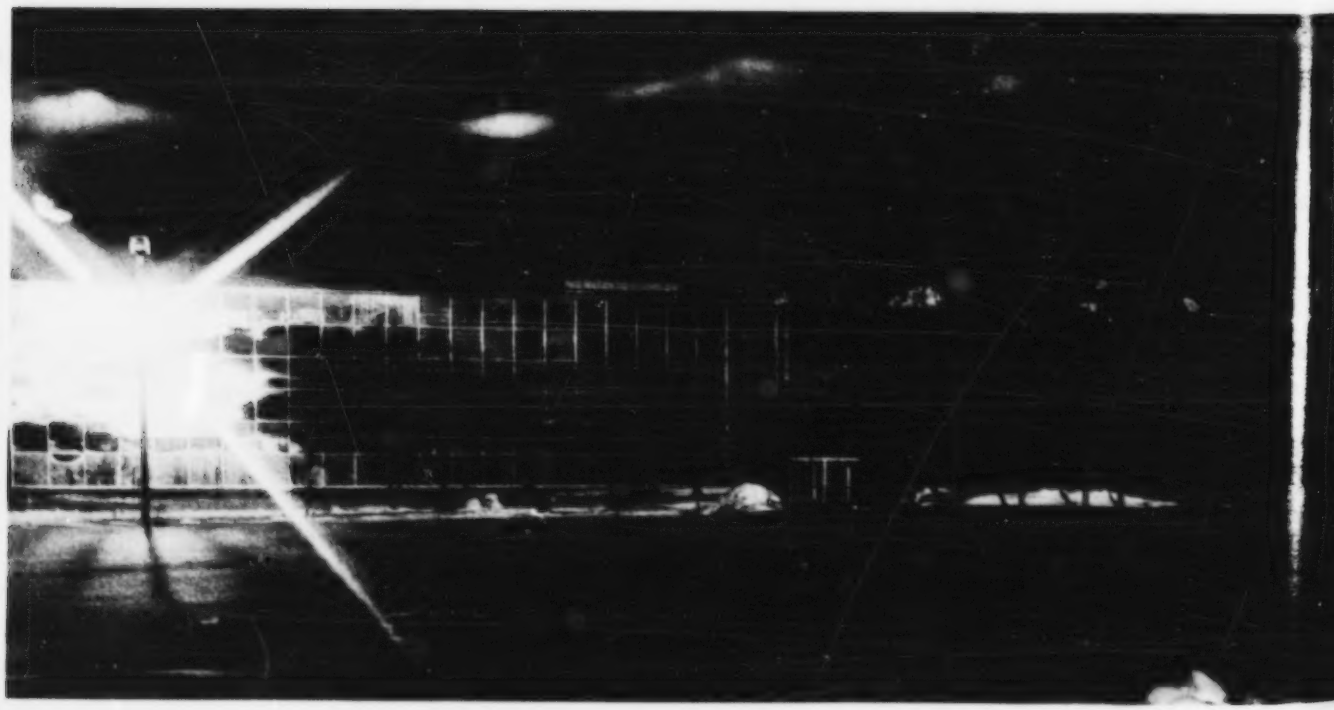
NEW FACILITIES

A number of facilities were added to IREQ's installations in 1986 and new research and development equipment was purchased.

Construction work was completed in Shawinigan on the LTEE laboratory for research, testing and development in the areas of electrochemistry and electrotechnology. Meanwhile, Bell Canada was finalizing construction of its research and test centre on IREQ's grounds.

Among several new items of equipment worthy of note, mention might be made of the Gould PN9080 super minicomputer, the fully automatic X-ray diffraction system, the image analyser and the ETHERNET workstation network.

LTEE, the new laboratory for research, testing and demonstration related to industrial applications of electrochemistry and electrotechnology.



Completion of the LTEE

The construction and equipping of Hydro-Québec's new laboratory, LTEE, reached completion in 1986. Located in Shawinigan, in the Mauricie region of Québec, the laboratory will be used for research, development and demonstration related to industrial applications of electrochemistry and electrotechnology.

LTEE will make its specialists and test facilities available to industry across Canada, especially in such sectors as pulp and paper, mining, metallurgy, textiles, agro-food and chemicals. It offers companies an opportunity to validate new concepts and to develop or demonstrate processes and techniques related to the utilization of electricity. Hydrogen, electrometallurgical and electrochemical processes, battery development and evaluation, and electrolysis will be the main areas of activity. Other areas envisaged are heating and drying of raw materials or finished products, with the emphasis on resistance, induction, infrared radiation, radio-frequency and microwaves. Heat pump and plasma applications will also be studied.

In 1987, the centre will have a staff of 35 to carry out internally-generated development and demonstration activities and pilot-projects and those undertaken for industry. By the end of 1987, the number of staff should reach 50, comprising a central core of 40 scientists, engineers and technicians and 10 employees providing administrative and support services.

The laboratory has a floor space of over 4000 m². Facilities include an indoor test hall 620 m² by 8 m high, an outdoor test area of 300 m² and an anhydrous chamber with a floor space of 50 m².

LTEE Laboratory

Bell Canada study and test centre

Under an agreement on research and development signed by Hydro-Québec and Bell Canada, the latter has set up a study and test centre on IREQ's grounds in Varennes.

The building has a floor space of 500 m² and will be used for projects aimed at characterizing network components, studying their aging and degradation mechanisms, and developing new equipment and construction techniques.

Sections of overhead lines and duct banks will be brought to the site for studying mechanical problems involved in network management: cable pulling and direct burial, installation and testing of different pole types, selection of manhole materials, effects of corrosion and frost on materials and equipment.

IREQ's grounds in Varennes now house a research and test centre built by Bell Canada for outdoor networks.

Installation of a Gould PN9080 super minicomputer

Connected to the local ETHERNET network, the Gould PN9080 represents the main processing unit in IREQ's computer centre. It is also used for the acquisition and processing of signals coming from the analog power system simulators.

The super minicomputer will replace the two existing Gould computers. Conversion work is already under way to transfer their applications and data to the new system. This should be completed by the end of March 1987.

The computer comprises a UNIX system software operating at 10 Mips (millions of instructions per second) with 16 megabytes of real memory and a virtual-memory architecture.

Measuring Techniques and Scientific Computing

Automation of EHV system simulators

Automation systems have been put into service to enhance the efficiency of IREQ's AC and DC simulators, to make them easier to operate and to accommodate simultaneous studies.

Each automation system comprises several computers monitoring disconnectors, circuit breakers, pre-insertion resistors, three-phase power supplies and measuring systems. These computers and the main unit are controlled by the so-called coordinating computer to ensure that the necessary operations are performed during the simulator studies. Database management and data acquisition and processing are handled by the main computer.

A control software has also been developed for determining power system configurations, simulating switching sequences and carrying out data acquisition and analysis.

Power System Study and Simulation Centre

Automatic X-ray diffraction system

In the course of an effort to modernize the materials characterization laboratory, two fully-automatic X-ray diffraction devices were connected to a central processing unit. These devices are used for analysing crystalline and some amorphous materials. The types of analysis that can now be undertaken are organic- and inorganic-phase identification, quantitative phase analysis, indexation of reflections and lattice parameter calculations, residual-stress analysis, grain-size analysis and characterization of amorphous structures.

Metallurgy and Materials Technology

Image analyser

A recently acquired image analyser allows morphological analyses to be made from a single image. The potential applications are numerous: measurement of particle size, perimeters, linearity and sphericity, orientation and interparticle distance; grain reconstruction; Fourier transform images, to mention but a few. When the instrument is directly connected to the scanning electron microscope, it can also be used for chemical analyses.

Metallurgy and Materials Technology

Melt-spinning device

IREQ's laboratories now house a device for the manufacture of amorphous metal ribbon. Not only is the alloy melted under a controlled atmosphere (vacuum or argon) but most parameters in the production process can be controlled: the molten-metal ejection pressure, the temperature of the molten bath and the speed of the spinning copper wheel. The ribbons produced are typically 35 μm thick, 3 mm wide and several metres long.

Metallurgy and Materials Technology

ETHERNET workstations

There was a large increase in the number of workstations connected to IREQ's local ETHERNET network in 1986. This was not unexpected, however, in view of the great flexibility of this new architecture with its decentralized processing units at the individual laboratory and office level. There are currently over 100 workstations connected to ETHERNET, one third of which are SUN stations.

The main feature of the ETHERNET system, apart from its transmission speed and excellent compatibility, is that users have ready access to SUN file servers and high-quality printing servers (top-of-the-line laser printer).

Measuring Techniques and Scientific Computing

Horizontal-vibration machine

The horizontal-vibration machine is made of magnesium and has a working area of 1 m^2. Mounted on hydrostatic bearings, the machine comprises 36 anchor points for holding the samples in place. It can be coupled to a servo-drive unit and used to test structures weighing as much as 4000 kg subjected to horizontal vibrations with amplitudes up to 6.5 cm, as specified in various standards governing equipment vibration tests. The frequency range is 0 to 500 Hz.

Mechanics

This year, again, IREQ's research and development activities contributed to economic expansion in Québec. Many manufacturing and marketing agreements were made with Québec companies for a variety of products including an air-gap measuring system for generators, power system analysis software and IREQ-produced hydrogen, while research contracts were signed with CEA and other organizations in Canada and elsewhere.

The air-gap measuring system developed at IREQ led to the creation of a new company: Vibro-Meter Inc.

Vibro-Meter Inc.

A new firm was created in 1986 to manufacture and market a device developed by a team of IREQ scientists for measuring the air gap in AC generators. The company, Vibro-Meter Inc., is jointly owned by Nouveler, a Hydro-Québec subsidiary, and Vibro-Meter SA of Fribourg, Switzerland. Based on the use of non-contact sensors, the new product is sure to find other applications, particularly in the fields of aeronautics and industrial machinery.

The Québec-based company will be responsible for North American distribution of some of the equipment Vibro-Meter SA produces for temperature, displacement and vibration measurements.

*The Bureau of Innovation, Technological Innovation, is responsible for the activities reported in this section.

Cyme Inc.

Founded at the end of 1985 by research scientists at IREQ, Cyme Inc. has gradually penetrated major markets outside Québec by setting up Cyme International Inc. in the United States. Meanwhile the company has continued to develop new products and has completed the design of three new power system analysis programs, bringing to five the series of software packages for personal computers that it now offers its customers.

Agreements with other companies

Agreements have been signed with various companies for research and development work and for the manufacture of different products. One agreement, for example, is with a pulp and paper company for the development of a high-power, high-frequency power supply for the drying of paper, which seems to be a promising technology in this field.

In other areas, a project is under way with the Québec firm, P.M. Wright, to develop a 4000-V resistance heating system. Under an agreement with Geneq, the marketing of an ice detector and a lightning detector has begun; both of these are fruits of work undertaken at IREQ. An agreement with Montel involves the manufacture of 30 remote contact-position indicating devices for disconnectors; performance tests on these devices are now in progress in the field.

Sale of compressed hydrogen

The utility has signed an agreement with Canadian Air Liquid Ltd. to commercialize hydrogen produced at IREQ's experimental electrolysis plant. The company will install a hydrogen compression and scrubber system in the plant and assume full responsibility for its operation. It has also agreed to purchase the hydrogen produced and to supply the fuel cell testing laboratory next door to the hydrogen plant.

Contracts with CEA and EPRI

Over the past year, 15 contracts worth a total of $2.6 million were signed with CEA. With regard to EPRI, work continued on research already under way and new agreements were made, particularly in the areas of extruded cables and electrical insulation.

Software sales to Singapore

Power system analysis software packages designed by IREQ scientists for use on PRIME computers have been sold to the Public Utilities Board of Singapore. These packages represent useful tools for load-flow and short-circuit calculations and for transient-stability, events and harmonics analysis. The contract also provides for a training program for local users.

Patents

Since the patents evaluation committee was created in June 1984, it has studied 41 new Hydro-Québec products. Of these 26 are now protected by patents. Composed of representatives from across the utility, the committee assesses products developed by employees and recommends the actions to be taken with regard to royalties and patents.

Throughout 1986, Hydro-Québec continued to promote its expertise as an electrical utility and to make it available on world markets. Through its subsidiary, Hydro-Québec International, it has pursued its commercial activities among companies and agencies abroad. IREQ, with contracts in Algeria, Peru, Argentina, Zaire, India, China and Mexico, has made a significant contribution to this effort. It has also taken part in research programs conducted by such organizations as EPRI and IERE.

Control and test centre in Algeria

Under a contract between Algeria's electricity and gas company, SONELGAZ, and HQI, several IREQ specialists contributed to a study involving a new control and test centre to be set up in Algeria for electrical and gas equipment.

The IREQ personnel's expertise covered a wide range of subjects from electrical equipment, electrical engineering, high-power and high-voltage laboratories, and systems engineering to chemical analysis, metallurgy and mechanics.

Research and Laboratories

Research on extruded cables for EPRI

A final report has been submitted to EPRI on the development of analytical techniques for diagnosing aging phenomena in extruded cables. Several new approaches were proposed for the physicochemical characterization of aging in polymer insulation while recommendations were made to resolve the influence of water and contaminants on the long-term performance of extruded cables.

Two new research projects were initiated for the same organization in 1986. The first involves the role of oxidation in the growth of water trees in extruded cables. Infrared microspectroscopy techniques based on the Fourier transform will be used to detect the presence of oxidation in trees while laboratory studies will be performed to evaluate the significance of oxidation phenomena in terms of the aging of insulating materials. The second project involves the development and application of a theoretical model of cable aging based on thermodynamic concepts. This study will be aimed at predicting cable life in real service conditions from the results of accelerated aging tests in the laboratory.

Cables and Internal Insulation

Installation of a high-altitude line in Peru

Through the intervention of HQI and B.G. Checo, a study is now under way on the construction of a high-altitude test line in Peru. This will be used to study the electric performance of high-voltage lines and the eolian vibration of conductors as well as high-altitude tests on EHV transmission equipment.

Overhead Lines and External Insulation

IERE task force on the biological effects of electric and magnetic fields

IREQ participated in a task force set up by IERE for the purpose of determining the evaluation criteria for epidemiological studies of electric- and magnetic-field effects. The task force comprised doctors and engineers from several countries.

Overhead Lines and External Insulation

Analysis of conductor vibrations on 500-kV lines in Argentina

This project, which comes on the heels of an intensive program of measurements of eolian vibrations and subspan oscillations on the conductors of lines running from El Chocon to Ezeiza, is for the Argentina electrical utility, Hidronor, and was conducted with the participation of HQI. Measurements were taken at several locations for three consecutive years. CIGRE's recommended method for calculating the conductor endurance served as a guide during the analysis and assessment of the recorded vibration values.

Mechanics

Optimization of the Inga-Shaba system in Zaire

As part of an HQI contract sponsored by the World Bank, one member of IREQ and two members of System Operation went to Zaire on a study mission.

The power system operated by Zaire's nationalized electricity company, SNEL, comprises generating stations in Inga (1620 MW) and the transmission network supplying Kinshasa, the capital, and the province of Bas-Zaire, on the one hand, and generating stations in the province of Shaba (460 MW) with lines supplying power to that part of the country and its mining installations. There is also a ±500-kV DC line, 1700 km long, linking Shaba to Bas-Zaire.

After diagnosing and analysing the operation of the various components, the Hydro-Québec team drew up recommendations regarding the best means of safeguarding the installations and the corrective actions that could result in a better performance of the overall grid.

Power System Study and Simulation Centre

Expertise for an HVDC link in India

A special research and development project has been approved by the Planning Commission of India in an aim to build up expertise in that country in the design, construction, installation and operation of HVDC power systems. To this end, India will take part in the construction of an experimental ±200-kV 400-MW HVDC link some 200 km long. The plan is to convert a 220-kV AC double-circuit line into a DC line, in three stages. In the initial stage, the link will comprise both AC and DC circuits.

IREQ's contribution to this project is to provide technical assistance to the engineers involved. In 1986 this consisted mainly in designing and testing the equipment. Further aid was furnished with the insulation coordination, simulator studies, special relays and preliminary preparations for commissioning the link in summer 1988.

Power System Study and Simulation Centre

Evaluation of system simulation facilities – China

An IREQ scientist visited China during the year on a technical mission that came about as the result of an agreement between the government of China, the Canadian International Development Agency, HQI and BC Hydro International. The primary objective of this mission was to assess the simulation facilities at China's two major research centres, one in Beijing, the other in Wuhan. The study also involved the task of recommending any necessary improvements.

In view of the rapid strides being made in China's power transmission network, the two research centres could benefit from powerful simulators that would allow engineers to analyse the performance of the vast AC and DC systems in that country. The technology IREQ has developed in this field, which covers not only hardware but also software, controls and methods of analysis, has caught the attention of Chinese specialists and power authorities. Subsequent negotiations will deal with the possibility of a technology transfer between the two countries and the terms and conditions of this transfer.

Power System Study and Simulation Centre

Cooperation with the IIE in Mexico

Work continued on a UNIDO-sponsored project involving the development of a synthetic circuit for training purposes at the Instituto de Investigaciones Eléctricas in Mexico. Satisfactory progress has been made. The circuit is now installed in the specially-built hall in Salazar and final adjustments are being made in readiness for commissioning in 1987.

In addition, two seminars were organized at the IIE, one on measuring techniques for high-voltage and high-power laboratories, the other on high-voltage circuit breakers.

Laboratories

COOPERATION WITH UNIVERSITIES

IREQ has joined a number of universities and institutions in the exploration of a wide variety of topics. In Québec, close cooperation has been established with McGill University, Université de Sherbrooke, Université de Montréal, École Polytechnique de Montréal and INRS-Énergie (Université du Québec).

Projects were also undertaken with institutions abroad. IREQ's plasma specialists, for example, have worked with counterparts at the universities of Nancy and Orléans in France, at MIT in the United States, at St. Andrew's University, Scotland, and at the Culham Laboratory in England.

High-voltage cable insulation is studied by proton-induced X-ray emission in the nuclear physics laboratory, Université de Montréal.

Drying of sheet materials

The drying of materials is an energy-intensive process but one which is difficult to simulate on a computer. The mathematical models published to date have all been based on empirical data and applicable only to the situation that generated such data. A joint project was therefore undertaken with McGill University's Chemical Engineering Department to develop an analytical tool in the form of a general simulation model. The subject of a doctoral thesis, this model offers a means of analysing different drying techniques used for materials and the various methods used to supply the energy needed for the process: convection, infrared, microwave, etc.

Industrial Electrotechnologies

Electrotechnology projects – Université de Sherbrooke

A test bench for infrared drying of textiles has been installed and put into operation in the textiles engineering section of the Chemical Engineering Department, Université de Sherbrooke. It is designed for continuous drying of 40-cm-wide bolts at speeds of 1 to 16 m/min. The IR sources are interchangeable and cover a spectrum from short to long wavelengths for power levels of up to 20 kW. This test bench will be used for projects related to the electrification of industrial processes employed in the textiles sector in Québec's Eastern Townships.

Industrial Electrotechnologies

Insulation characterization by proton-induced X-ray emission (PIXE)

When a sample of an insulating material is bombarded with high-energy protons, it emits characteristic X-rays which allow scientists to identify the components of this material or the impurities it contains. An analysis of the impurities in HV cable insulation, particularly with respect to water treeing, was undertaken in conjunction with the personnel of the nuclear physics laboratory, Université de Montréal.

PIXE proves to be a very sensitive method of analysis for this purpose; indeed, with most materials, a 1-ppm detection level can be achieved. It is also a very accurate method in that the proton beam can be focused down to 20 μ, which means that very specific areas can be analysed.

Cables and Internal Insulation

Erosive cavitation of new steels

In the course of developing a new stainless steel, IRECA, which is particularly resistant to erosive cavitation, IREQ invited specialists in the Metallurgical Engineering Department, École Polytechnique de Montréal, to join it in a project designed to gain a better understanding of the mechanisms underlying such good resistance to wear. Electron microscope observations have revealed planar microdeformations, which seem to be the main feature common to all active deformation modes in cobalt austenitic stainless steels.

Metallurgy and Materials Technology

Power system planning

A research program on power system planning and management has been drawn up by two professors from the Data Processing and Operational Research Department, Université de Montréal, and three scientists at IREQ. The main topics selected for study are system reliability and planning as related to production, maintenance and distribution system expansion. Two sources of funding have been obtained to be able to carry out this research in the next few years: the Natural Sciences and Engineering Research Council and FCAR, a Québec government foundation set up for training scientists and promoting research.

Power System Management and Numerical Analysis Techniques

Computation of unsteady aerodynamic forces

IREQ and the Université de Sherbrooke are working jointly on the development of computer software for the evaluation of unsteady aerodynamic forces on the blades of Darrieus wind turbines. Modeling of the wake is now completed and has been compared to test data obtained from wind tunnel visualizations at Sherbrooke, as well as to existing methods. Next year should see completion of the entire model, which will then be ready for simulating aerodynamic forces under turbulent conditions.

Mechanics

Varennes tokamak

INRS-Énergie (Université du Québec) and the Université de Montréal have been involved in the Varennes tokamak project ever since it was initiated in 1977. Over the past year, INRS-Énergie has contributed a team of 15 scientists and technicians, mainly for the part of the project that concerns the scientific program, the diagnostic systems, data acquisition and tokamak control. The Université de Montréal's team, which was assigned to the diagnostics in 1986, comprises two members of the Physics Department. Collaboration with these two institutions is expected to continue over the next few years.

Fusion – Tokamak

Hydrogen storage

IREQ has renewed its agreement with École Polytechnique de Montréal to carry out a study of the chemical storage of hydrogen. This CEA-sponsored project also includes an investigation of the possibility of producing hydrogen by the steam-reforming process.

Materials Chemistry

Electrochemistry research – Université de Sherbrooke

Research under way in the Chemistry Department, Université de Sherbrooke, on the catalytic electrohydrogenation of organic compounds has focused on one specific family of compounds, namely polyhydric alcohols. Other studies in progress deal with the influence of a slightly acid medium on copper corrosion. This research forms part of an analysis of acid rain and its impact on materials used by the utility.

Materials Chemistry

Digital simulation of plasmas

A new generation of array processors is making its appearance. The novelty of these machines lies in their ability to perform multiple operations at the same time, owing to the fact that they incorporate several processors. The new mode of calculation calls for new programming methods and new algorithms. The latter, as applied to plasma physics, form the objective of a project undertaken jointly by IREQ and the universities of Nancy and Orléans in France. So far, the thrust of the work has been directed toward digital simulation of one-dimensional plasmas using an approach based on the Vlasov equation. A code developed at IREQ for treating the two-dimensional Vlasov equation has been tested on the new CRAY-2 computer in France. It incorporates a splitting method associated with spline interpolation methods. A postdoctoral student at Nancy University will be joining the Varennes group shortly to pursue this work.

Fusion – Tokamak

Plasma physics

Work continued in 1986 on the study of electromagnetic-wave heating and current drive in plasmas, which is being conducted jointly with MIT in the United States, St. Andrew's University in Scotland, and Culham Laboratory in England. The aim of this study is to understand the mechanism involved in the conversion of an incident wave into a wave strongly damped by kinetic processes. With respect to current drive, the team is developing a theory which includes relativistic effects associated with supra-thermal electrons.

Fusion – Tokamak

This year again, members of IREQ personnel have distinguished themselves for the originality and quality of their research. Several of the scientists and technicians have been honored by national and international organizations.

Fellow – American Physical Society

Ashok K. Vijh, research fellow, Research (IREQ), has been elected Fellow of the American Physical Society in recognition of his achievements. Dr. Vijh proposes new approaches to the explanation of certain physical phenomena related to electrochemical reactions. He has also contributed to a better understanding of interface phenomena in plasmas and the chemical or physical reactions that occur on oxidized surfaces.

Fellow – Institute of Physics, United Kingdom

Jaroslav Novak, scientist, Cables and Internal Insulation, has been made a Fellow of the Institute of Physics in the United Kingdom for his many contributions to science.

IEEE Power Engineering Society Award

The Power Engineering Society of the IEEE presented P. Sarma Maruvada, Acting Manager, Overhead Lines and External Insulation, with a Working Group Recognition Award for an article published by the working group of which he was a member. The article described a comparison of the calculation methods used to determine audible noise on high-voltage transmission lines.

RAB Larry K. Wilson Transnational Award

IEEE's Regional Activities Board, section 7, presented the RAB Larry K. Wilson Transnational Award to Gilles A. Baril, technical advisor, Equipment Planning*, for his leadership in the new multiconference concept for the IEEE international conference, Montech '86.

* Up to December 1986, Mr. Baril was Director, Electrical Equipment, IREQ.

Fellow – Chemical Institute of Canada

Michel Duval, scientist, Materials Chemistry, has been made Fellow of the CIC in recognition of his scientific achievements. Dr. Duval's areas of specialization are the chemistry of insulating oils and the processing of ion-conducting polymers. The Institute also stressed Dr. Duval's contribution to the advancement of the chemical profession in his role as Treasurer of the Ordre des chimistes du Québec for many years.

CSA Award of Merit

Dr. Raymond Bartnikas, research fellow, Research (IREQ), won the Canadian Standards Association award of merit for leadership in the preparation of standards for electrical insulating materials.

Mica Prize

The *Conseil de l'industrie électronique du Québec* awarded its Mica prize to IREQ for a power line proximity detector developed by scientists Marius Cloutier and Jean-Marc Bourgeois and technicians Jean-Marie Houle and François Lalonde, Automatic Control, Measurement and Communications.

The second prize went to Raynald Simoneau, scientist, and Tony di Vincenzo, technician, Metallurgy and Materials Technology, and Jean-Marc Pelletier, scientist, Automatic Control, Measurement and Communications, for the development of a circuit designed to protect welders from electric shocks.

Two Awards for Excellence in Innovative Technology

Two novel technologies developed by IREQ employees earned awards for excellence from the Centre for Industrial Innovation in Montreal.

The first is a remote contact-position indicating system for HV disconnectors, which was developed by Julien Simard, technician, Power Apparatus.